

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы

Калиев Самат Нұрланұлы

«Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау
және тестілеу»

ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

6B06201 - Телекоммуникациялар

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыштық технологиялар кафедрасы



ДИПЛОМДЫҚ ЖҰМЫС

Тақырыбы «Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің
сапасын бақылау және тестілеу»

6B06201 – Телекоммуникациялар

Орындаған:

С.Н.Калиев

Рецензент:

ф.-м.ғ.к., Ғ.Дәукеев ат. АЭЖБУ
профессор-оқытушысы

М.А.Хизирова

«30» мамыр 2025 ж.

Ғылыми жетекші

т.ғ.к.,

ЭТжҒТ каф. қауымдастырылған
профессоры

М.А.Абдуллаев

« 21 » 05 2025 ж.

Алматы 2025

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ
МИНИСТРЛІГІ

«Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті»
коммерциялық емес акционерлік қоғамы

Автоматика және ақпараттық технологиялар институты

Электроника, телекоммуникация және ғарыш технологиялар кафедрасы

6B06201 – Телекоммуникациялар

БЕКІТЕМІН
ЭТ ж.ҒТ кафедра меңгерушісі
техн.ғыл.канд.
Е.Таштай
«1*» 06 2025 ж.



**Дипломдық жұмыс орындауға
ТАПСЫРМА**

Білім алушы: Калиев Самат Нұрланұлы

Тақырыбы: «Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу».

Университет ректорының «29» қаңтар 2025 ж. № 26 П/Ө бұйрығымен бекітілген.

Аяқталған жобаны тапсыру мерізімі «30» мамыр 2025 ж.

Жұмыстың бастапқы мәліметтері: 1) Өлшеу ұзындығы: 0.1 км – 150 км; 2) Дәлдік: ± 1 м; 3) Сигналдың әлсіреуін өлшеу диапазоны: -5 дБм – -70 дБм; 4) Рефлектометрлік талдау уақыты: ≤ 15 сек; 5) Сапаны бақылаудың қайталанатын сенімділігі: $\geq 95\%$.

Дипломдық жұмыста қарастырылатын мәселелер тізімі: а) Оптикалық талшықтық жүйелердің диагностикасы мен тестілеуінің тиімді әдістері әзірленеді; б) Рефлектометрлік мәліметтер негізінде ақауларды тез және дәл анықтау әдістері ұсынылады; в) Сапаны бақылау мен талдау процесін автоматтандыру бойынша шешімдер беріледі; г) Эксперименттік нәтижелер негізінде рефлектометр қолдану бойынша ұсынымдар беріледі.

Сызбалық материалдар 15 слайдпен ppt форматында көрсетілген.

Ұсынылатын негізгі әдебиет: 1. Hernandez, V.J., & Jones, M. Advanced OTDR Testing Techniques for High-Density Networks. – IEEE Communications Magazine, 2022, Vol. 60, Issue 5, pp. 128–135.

2. Sharma, R.K., & Singh, J. Troubleshooting Optical Fiber Networks Using OTDR – Springer, 2021. – 420 бет.

Дипломдық жұмысты дайындау
КЕСТЕСІ

Бөлімдер атауы, қарастырылатын мәселелер тізімі	Ғылыми жетекшіге және кеңесшілерге көрсету мерізімі	Ескерту
Рефлектометрлік мәліметтер негізінде ақауларды тез және дәл анықтау әдістері ұсыну	1.02.2025 ж. - 21.02.2025	<i>орындағым</i>
Сапаны бақылау мен талдау процесін автоматтандыру бойынша шешімдер беру	21.02.2025 - 01.03.2025	<i>орындағым</i>
Эксперименттік нәтижелер негізінде рефлектометр қолдану бойынша ұсынымдар беру	01.03.2025 - 14.05.2025	<i>орындағым</i>

Дипломдық жұмыс (жоба) бөлімдерінің кеңесшілері мен
норма бақылаушының аяқталған жұмысқа(жобаға) қойған
қолтанбалары

Бөлімдер атауы	Кеңесшілер (аты, әкесінің аты, тегі, ғылыми дәрежесі, атағы)	Қол қойылған күні	Қолы
Диплом жұмысының тақырыбын талдау	Т.ғ.к., ЭТЖҒТ каф.қауымдастырылған профессоры Абдуллаев М.А.	<i>1.02.25</i>	<i>Абду</i>
Теориялық ақпарат	Т.ғ.к., ЭТЖҒТ каф.қауымдастырылған профессоры Абдуллаев М.А.	<i>2.03.25</i>	<i>Абду</i>
Норма бақылау	ЭТЖҒТ каф.аға оқытушысы Досбаев Ж.М.	<i>23.05.25</i>	<i>Досбаев</i>

Ғылыми жетекшісі

Абду М.А.Абдуллаев

Тапсырманы орындауға алған білім алушы *Калиев* С.Н.Калиев

Күні « *1* » *02* 2025 ж.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыстың өзектілігі – қазіргі таңда Қазақстанда да кең қолданысқа ие болып келе жатқан оптикалық желілердің техникалық жағдайын бақылау мен сапасын қамтамасыз етуде рефлектометрлік әдісті дұрыс қолдану қажеттілігінде. Жұмыстың барысында нақты зертханалық сынақтар мен практикалық өлшеулер арқылы OTDR құрылғысының жұмыс принципі, оның өлшеу дәлдігі, тиімділігі, сондай-ақ жүйедегі әртүрлі ақауларды анықтау мүмкіндіктері қарастырылады.

Жұмыстың мақсаты – рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық байланыс жүйелерінің сапасын бақылау және тестілеу әдістерін зерттеу, олардың тиімділігін бағалау, сондай-ақ практикалық ұсыныстар беру.

АННОТАЦИЯ

Актуальность дипломной работы заключается в необходимости правильного применения рефлектометрического метода в обеспечении качества и контроля технического состояния оптических сетей, который в настоящее время широко используется и в Казахстане. В ходе работы будут рассмотрены принцип работы устройства OTDR с помощью конкретных лабораторных испытаний и практических измерений, его точность измерений, эффективность, а также возможности выявления различных неисправностей в системе. Цель работы-изучить методы контроля качества и тестирования оптоволоконных систем связи с помощью рефлектометра, оценить их эффективность, а также дать практические рекомендации.

ANNOTATION

The relevance of the thesis lies in the need for the correct use of the reflectometric method in ensuring the quality and control of the technical condition of optical networks, which is still widely used in Kazakhstan today. In the course of the work, through specific laboratory tests and practical measurements, the principle of operation of the OTDR device, its measurement accuracy, efficiency, as well as the possibilities of detecting various malfunctions in the system are considered. The purpose of the work is to study the methods of quality control and testing of optical fiber communication systems using a reflectometer, evaluate their effectiveness, as well as give practical recommendations.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	7
1 Оптикалық талшықтық жүйелер туралы жалпы түсінік	8
1.1 Оптикалық талшықтардың түрлері (бірмодалы, көпмодалы)	8
1.2 Таралу физикасы және сигналдың әлсіреуі	8
1.3 Оптикалық жүйелердегі негізгі ақаулары	11
1.4 Өткізу қабілетінің төмендеуін азайту жолдары	13
2 Рефлектометрлік әдістің теориялық негіздері	13
2.1 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) құрылғысының жұмыс принципі	13
2.2 OTDR құрылғысының негізгі параметрлері	15
2.3 OTDR деректерінің түсіндірілуі	16
2.4 OTDR құрылғысының артықшылықтары мен кемшіліктері	17
2.5 OTDR құрылғысының қолданылу салалары	18
3 Оптикалық жүйелердің диагностикасы мен тестілеу әдістері	19
3.1 Диагностиканың дәстүрлі және заманауи әдістері	19
3.2 Оптикалық жүйелердің тестілеу әдістері	19
3.3 Ақауларды анықтау әдістері	20
3.4 Оптикалық жүйелердің диагностикасының маңызы	20
3.5 Диагностика әдістерінің түрлері	21
3.6 Ақауларды анықтау әдістері	23
3.7 Бірмодалы және көпмодалы талшықтарды тексеру	25
3.8 Бірмодалы және көпмодалы талшықтарды тексеру әдістері	27
3.9 Оптикалық жүйелерді тестілеудің заманауи әдістері	29
3.10 Ақауларды тез және дәл анықтау	30
3.11 Рефлектограмма нәтижелері және толқын ұзындығына айланысты талдау	37
Қорытынды	41
Пайдаланылған әдебиеттер тізімі	42

КІРІСПЕ

Қазіргі заманғы ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың қарқынды дамуы телекоммуникациялық жүйелерге қойылатын талаптарды арттыруда. Жоғары жылдамдықта, сапалы әрі сенімді деректерді беру қажеттілігі әсіресе оптикалық талшықтық байланыс жүйелерін кеңінен қолдануға алып келді. Бұл жүйелер жоғары өткізу қабілеттілігі, электромагниттік кедергілерге төзімділігі және сигналдың әлсіреуінің аз болуы сияқты артықшылықтарымен ерекшеленеді. Алайда, кез келген байланыс желісі сияқты, оптикалық желі де әртүрлі ақауларға, қосылу нүктелеріндегі жоғалуларға, механикалық зақымдарға және монтаж қателіктеріне бейім. Сондықтан мұндай жүйелердің сапасын уақтылы тексеріп, диагностикалау маңызды міндетке айналууда.

Оптикалық талшық желілеріндегі ақауларды анықтаудың және жалпы техникалық жағдайын бағалаудың ең тиімді құралдарының бірі — оптикалық рефлектометр (OTDR – Optical Time Domain Reflectometer). Бұл құрылғы сигналдың таралуын, жоғалуын, кері шағылуын және нақты ақау орындарын анықтау арқылы жүйенің толық диагностикасын жүргізуге мүмкіндік береді. Рефлектометрлік әдіс талшық бойымен орналасқан барлық оқиғаларды (қосылу, сыну, майысу, дәнекерлеу) тіркеп, олардың орналасуын метр дәлдігінде анықтай алады.

Дипломдық жұмыстың өзектілігі – қазіргі таңда Қазақстанда да кең қолданысқа ие болып келе жатқан оптикалық желілердің техникалық жағдайын бақылау мен сапасын қамтамасыз етуде рефлектометрлік әдісті дұрыс қолдану қажеттілігінде. Жұмыстың барысында нақты зертханалық сынақтар мен практикалық өлшеулер арқылы OTDR құрылғысының жұмыс принципі, оның өлшеу дәлдігі, тиімділігі, сондай-ақ жүйедегі әртүрлі ақауларды анықтау мүмкіндіктері қарастырылады.

Жұмыстың мақсаты – рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық байланыс жүйелерінің сапасын бақылау және тестілеу әдістерін зерттеу, олардың тиімділігін бағалау, сондай-ақ практикалық ұсыныстар беру.

Міндеттері:

- Оптикалық рефлектометрдің жұмыс істеу принципін сипаттау;
- OTDR құрылғысының өлшеу мүмкіндіктері мен параметрлерін талдау;
- Талшық бойындағы ақауларды анықтау әдістерін қарастыру;
- Лабораториялық зерттеу жүргізу арқылы нақты деректер алу;
- Алынған нәтижелер негізінде қорытынды жасап, ұсыныстар енгізу.
- Бұл дипломдық жұмыс оптикалық байланыс жүйелеріндегі техникалық ақауларды ерте анықтаудың заманауи әдістерін тереңірек меңгеруге, желінің жұмыс істеу сенімділігін арттыруға бағытталған.

1 Оптикалық талшықтық жүйелер туралы жалпы түсінік

1.1 Оптикалық талшықтардың түрлері (бірмодалы, көпмодалы)

Оптикалық талшықтар – жарық сәулелерін тасымалдау үшін қолданылатын құрылымдар, олар ішкі рефлексия құбылысына негізделеді. Осы талшықтар арқылы ақпарат оптикалық сәулелер түрінде беріледі, бұл сигналды тасымалдаудың жоғары жылдамдығы мен тиімділігін қамтамасыз етеді. Оптикалық талшықтардың екі негізгі түрі бар:

Бірмодалы талшықтар (SMF – Single-Mode Fiber).

Бірмодалы талшықтар тек бір жарық сәулесінің (моданың) өтуіне мүмкіндік береді. Бұл талшықтар өте төмен әлсіреумен ерекшеленеді, сондықтан олар ұзақ қашықтыққа, мысалы, 100 км және одан да ұзақ қашықтыққа тиімді жұмыс істейді. Бірмодалы талшықтар жоғары өткізу қабілеттілігі мен жылдамдықты қамтамасыз етеді, сондықтан олар көбінесе байланыс және деректерді тасымалдау жүйелерінде қолданылады.

Көпмодалы талшықтар (MMF – Multi-Mode Fiber).

Көпмодалы талшықтар бірнеше моданың (жарық сәулесінің) өтуіне мүмкіндік береді. Бұл талшықтар кеңірек диаметрге ие, сондықтан оларда көп модалы сигналдар тарайды. Көпмодалы талшықтар қысқа қашықтықтарда (0.5–2 км) тиімді жұмыс істейді. Олар әдетте жергілікті желілерде, ішкі желілерде және ғимараттар арасындағы байланыстарда қолданылады. Бірақ олардың әлсіреуі мен шектеулі өткізу қабілеттілігі ұзақ қашықтыққа тарату үшін қолайсыз.

1.2 Таралу физикасы және сигналдың әлсіреуі

Оптикалық талшықтағы жарық сәулесі жұтылу мен таралу арқылы әлсірейді. Әлсіреудің себебі ретінде келесі факторлар қарастырылады:

Құрылымдық жұтылу: Талшықтың материалынан жарықтың жұтылуы. Бұл процесс көбінесе оптикалық талшықтың жасау кезінде қолданылған материалдардың химиялық құрамына байланысты.

Оптикалық талшық арқылы тарайтын жарық сәулесі, оның бойымен жылжып өткен сайын, әлсіреуге ұшырайды. Сигналдың әлсіреуі, немесе оптикалық әлсіреу (attenuation), талшық арқылы өтетін жарықтың энергиясының жоғалуын сипаттайды. Әлсіреудің бірнеше себебі бар, және олар негізінен оптикалық жүйелердің тиімділігіне тікелей әсер етеді. Әлсіреу дәрежесі талшықтың ұзындығына, құрамына және жұмыс жағдайларына байланысты өзгеріп отырады. Әлсіреудің негізгі факторлары мыналар болып табылады:

Құрылымдық жұтылу. Бұл процесс талшықтың материалынан жарықтың жұтылуына негізделеді. Әдетте, бұл әсер жарық сәулесінің оптикалық талшықта қозғалу кезінде оның құрамындағы атомдар немесе молекулалармен өзара әрекеттесуі нәтижесінде пайда болады. Жарық сәулесі талшықтың ішіне енген

кезде, оның бір бөлігі материал арқылы жұтылады және энергия жоғалтады. Бұл процесс талшықтың химиялық құрамына және оның оптикалық қасиеттеріне байланысты өзгеріп отырады. Мысалы, жоғары сапалы материалдар қолданылған талшықтарда жұтылу деңгейі төмен болады, ал төмен сапалы материалдар немесе қоспалар қосылған талшықтарда бұл көрсеткіш жоғары болуы мүмкін.

Құрылымдық жұтылу талшықтың жалпы өнімділігіне әсер ететін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Жарықтың жұтылуы оптикалық талшықтың ішкі қоспалары, материалдың жарық жұтатын қасиеттері мен өндіріс кезінде қолданылған әдістерге байланысты артуы мүмкін. Құрылымдық жұтылудың деңгейі мен сипаты әрбір материалға тән және талшықтың максималды жұмыс қашықтығына әсер етеді.

Шағылу мен таралу. Талшықтағы жарықтың таралуы мен шашырауы да сигналдың әлсіреуіне себеп болады. Шашырау негізінен талшықтың құрылымының теңсіздігі немесе оның ішінде кездесетін микродеформациялар мен қоспалардан туындайды. Бұл процес кезінде жарық сәулесі белгілі бір бағытта емес, әртүрлі бағыттарда шашырайды, бұл жарықтың энергиясын жоғалтуға әкеледі.

Сәулелердің талшық қабырғаларымен өзара әрекеттесуі, оларды шағылыстырып және таратып жібереді. Бұл жарықтың таралуына кедергі келтіреді және сигналды әлсіретеді.

Рея фрагментациясы – оптикалық талшықта жарық сәулелерінің талшық қабырғаларымен өзара әрекеттесу процесі. Бұл құбылыс кезінде жарық сәулесі қабырғадан шағылып, басқа бағытта тарайды, нәтижесінде жарықтың бағытталуы бұзылады және жарық энергиясы жоғалады. Рея фрагментациясы жарық сәулелерінің таралуын тежейді және талшық арқылы өтетін сигналдың әлсіреуіне әкеледі.

Рея фрагментациясы бірнеше себептермен орын алуы мүмкін. Олардың ішіндегі ең маңыздысы – талшықтың геометриялық ерекшеліктері мен құрылымының теңсіздігі. Талшық қабырғаларында микроқұрылымдық ауытқулар, беткі ақаулар немесе микродеформациялар болған кезде жарық сәулелері осы ақаулармен әрекеттеседі, нәтижесінде сәулелердің бір бөлігі шағылады немесе бұрмаланады.

Рея фрагментациясының негізгі себептері:

1. Талшықтың материалдық қасиеттері. Талшықтың материалы мен оның ішкі құрылымы сәулелердің таралуына айтарлықтай әсер етеді. Талшықтың ішкі құрылымындағы өзгерістер немесе қоспалар жарық сәулесінің таралуын тежеп, оны шашыратады. Құрылымдық өзгерістер, мысалы, талшықтың қысылуы, микросызаттары немесе жұқа бөліктерінің болуы сәулелердің бағытталған қозғалысын бұзады, бұл сәулелердің бір бөлігі басқа бағыттарға таралуына алып келеді.

2. Талшықтың иілуі. Талшықтың физикалық иілуі, мысалы, талшықты орнату немесе монтаждау кезінде пайда болуы мүмкін. Иілген жерлерде жарық сәулелері қабырғамен әртүрлі бұрышпен өзара әрекеттеседі, бұл сәулелердің

шашырауына және сигналдың әлсіреуіне себеп болады. Иілу кезінде пайда болатын фрагментация әсіресе көпмодалы талшықтарда айқын көрінеді, өйткені бірнеше моданың жарық сәулелері әртүрлі бұрыштармен шашырайды.

3. Микродеформациялар мен ақаулар. Талшықта пайда болатын микродеформациялар, жарықтың ішкі бөлігіндегі ақаулар немесе қоспалар, сәулелердің таралуын бұзады. Бұл ақауларда жарық сәулелері шағылады және бағытынан ауытқиды, нәтижесінде талшықта сигналдың әлсіреуі байқалады.

Рея фрагментациясының әсері:

– Сигналдың әлсіреуі: Сәулелердің шағылуы немесе таралуы нәтижесінде сигналдың қуаты төмендейді. Бұл жарықтың энергиясының жоғалуына әкеледі және, әсіресе ұзақ қашықтықтарда, деректердің жоғалуына немесе бұрмалануына себеп болуы мүмкін.

– Сигналдың бұрмалануы: Талшық бойымен өткен жарықтың бағыттан ауытқуы деректердің дәлдігін төмендетеді, өйткені мәліметтер қайтадан жинақталады. Бұл ақау деректердің дұрыстығына теріс әсер етіп, байланыс жүйесінің жұмыс сапасын төмендетеді.

Рея фрагментациясын болдырмау немесе азайту жолдары:

1. Құрылымдық сапаны арттыру. Талшықтардың жасалуы кезінде құрылымның жоғары сапасын қамтамасыз ету, микросызаттарды болдырмау және материалдардың таза болуын бақылау арқылы фрагментация деңгейін төмендетуге болады.

2. Иілу шектерін бақылау. Талшықты орнату кезінде оның физикалық иілуіне жол бермеу қажет. Иілу шегін бақылап, талшықты дұрыс бағытта орнату сәулелердің дұрыс таралуын қамтамасыз етеді.

3. Талшықтың күйін үнемі тексеру. Талшықты пайдалану кезінде оның күйін тексеру және қажет болса техникалық қызмет көрсету, мысалы, ақауларды анықтап, оларды жою, фрагментацияның деңгейін төмендетуге мүмкіндік береді.

Рея фрагментациясы – оптикалық байланыс жүйелерінің тиімділігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі. Осы құбылысты түсіну және оны минимизациялау үшін жоғары сапалы материалдар мен дұрыс орнату әдістерін пайдалану қажет.

Модалық дисперсия: Бірмодалы талшықта жарықтың таралу жылдамдығы бірдей болады, бірақ көпмодалы талшықта әртүрлі сәулелер түрлі жылдамдықтармен тарайды, бұл да сигналдың бұрмалануына әкеледі.

Модалық дисперсия – бұл көпмодалы оптикалық талшықтағы жарық сигналдарының уақыт бойынша әртүрлі таралу жылдамдығының әсерінен пайда болатын құбылыс. Бұл құбылыс әртүрлі модалар (жарық сәулелерінің әртүрлі түрлері) түрлі жылдамдықтармен таралған кезде сигналдың бұрмалануына және оның сапасының төмендеуіне себеп болады.

Бірмодалы талшықтағы модалық дисперсияның болмауы. Бірмодалы оптикалық талшықта тек бір ғана мода жарық сәулесі ретінде тарайды. Бұл жағдайда барлық сәулелердің таралу жылдамдығы бірдей болады, яғни барлық жарық толқындары бір бағытта және бір жылдамдықпен таралады. Осы себепті

бірмодалы талшықтағы сигналда модальдық дисперсия болмайды, және ол ұзақ қашықтықтарға дейін бұзылмай тасымалдана алады.

Көпмодалы талшықтағы модальдық дисперсия. Көпмодалы талшықта жарық сәулесі бірнеше модада тарайды. Бұл әртүрлі модалар жарықтың әртүрлі толқын ұзындығына және фазалық жылдамдыққа ие болғандықтан, олар талшық бойымен әртүрлі жылдамдықтармен таралады. Нәтижесінде, әр моданың бірдей қашықтықты өтетін уақыты әртүрлі болады. Мұндай уақыттың айырмашылығы сигналдың бұрмалануына әкеледі, өйткені әртүрлі модалардың түйісу орны әрқашан бірдей болмайды.

Модальдық дисперсияның әсерінен пайда болатын сигналдың бұрмалануы:

1. Жарық импульсінің кеңеюі. Әр түрлі модалар бір уақытта бір жерге жеткенде, олардың арасында уақыт бойынша айырмашылық пайда болады, бұл импульстің кеңеюіне себеп болады. Сигналдың кеңеюі әсіресе ұзақ қашықтықтарға сигналды тасымалдау кезінде байқалады, бұл ақпараттың дұрыс қабылданбауына немесе жоғалуына әкеледі.

2. Сигналдың интерференциясы. Модалардың бір-бірімен араласуы, олар бірдей орындарда кездескенде, сигналдың сапасын төмендетеді. Интерференция нәтижесінде талшықтағы байланыс жұмысы нашарлауы мүмкін.

Модальдық дисперсияның әсерін азайту әдістері:

- Талшықтың құрылымын жақсарту. Құрылымдық параметрлерді өзгерту арқылы көпмодалы талшықтардағы модальдық дисперсияны азайтуға болады. Мысалы, талшықтың диаметрін немесе құрамы мен қабаттарын реттеу арқылы модалардың таралуын теңестіруге болады.

- Бірмодалы талшықтарды қолдану. Егер дисперсияның әсері өте жоғары болса, онда бірмодалы талшықтарды қолдану шешім болып табылады, себебі оларда тек бір мода бар және сигналдар ешқандай бұрмаланусыз таралады.

- Сигналды қайта күшейту. Дисперсияның әсерін азайту үшін талшықтың әрбір бөлігінде сигналды күшейту қажет болуы мүмкін. Бұл әдіс ұзақ қашықтыққа сигнал тасымалдау кезінде жиі қолданылады.

Модальдық дисперсияны басқару оптикалық байланыс жүйелерінің жұмысын тиімді ету үшін маңызды. Бұл мәселені шешу үшін арнайы инженерлік шешімдер мен технологиялар қолданылуы керек, әсіресе көпмодалы талшықтарда жұмыс істейтін жүйелерде.

1.3 Оптикалық жүйелердегі негізгі ақаулар

Оптикалық талшықтарда пайда болатын ақаулар олардың жұмыс сапасын төмендетуі мүмкін.

Оптикалық талшықтық жүйелердің тиімді жұмыс істеуі үшін олардың физикалық қасиеттері мен жұмыс жағдайын үнемі бақылап отыру қажет. Талшықтарда туындайтын ақаулар жүйенің жұмысын бұзып, деректердің жоғалуына немесе бұрмалануына себеп болуы мүмкін. Бұл ақаулар жүйе

қызметінің сапасын төмендетіп, техникалық қызмет көрсету мен жөндеу жұмыстарын талап етеді.

Келесі негізгі ақаулар түрлері бар.

Өткізу қабілеттілігінің төмендеуі. Оптикалық талшықтағы өткізгіштік қасиеттерінің төмендеуі сигналдың әлсіреуі мен таратылымның сапасының төмендеуіне әкеледі. Бұл ақау әдетте оптикалық талшықтың ұзындығы мен материалдық кемшіліктерімен байланысты.

Бұл сигналдың әлсіреуі мен деректердің бұрмалануына алып келетін ақау. Талшықтың өткізгіштік қасиеттерінің төмендеуі оптикалық байланыс жүйесінің тиімділігін айтарлықтай азайтады. Өткізу қабілеттілігінің төмендеуі әдетте талшықтың ұзындығы мен материалдық қасиеттеріне байланысты болады. Бұл ақау әсіресе ұзақ қашықтыққа сигнал жіберу кезінде байқалады.

Өткізу қабілеттілігі төмендегенде, сигналдың интенсивтілігі мен сапасы нашарлайды. Бұл жағдай оптикалық жүйенің жоғарғы жылдамдықта жұмыс істеуін шектейді, себебі сигналдың әлсіреуі және бұрмалануы ақпараттың дұрыс берілуіне кедергі келтіреді.

Өткізу қабілетінің төмендеуі бірнеше себептерге байланысты болуы мүмкін:

- Сигналдың әлсіреуі (Attenuation). Талшық бойымен өтетін жарық сигналдарының қуаты төмендейді, себебі олар жарықтың жұтылуы, шағылуы және басқа физикалық құбылыстардың әсерінен энергиясын жоғалтады. Әсіресе ұзақ қашықтықтарда бұл әсер айқынырақ болады.

- Дисперсия (Dispersion). Сигналдың уақыт бойынша кеңеюі немесе бұрмалануы. Бұл жарық сәулелерінің әртүрлі модалармен әртүрлі жылдамдықпен таралуынан туындайды. Дисперсияның әсері сигналдың бұрмалануына және оның сапасының төмендеуіне әкеледі.

- Механикалық зақымданулар. Талшықтың физикалық зақымдануы, мысалы, майысуы немесе қысылуы, жарықтың таралуын бұзып, оның өту қабілетін төмендетеді.

- Қосылу ақаулары. Талшықтардың қосылу орындарында дұрыс емес қосылу немесе қосылымдардың сапасыз болуы сигналдың әлсіреуіне себеп болады. Бұл жағдайда жарықтың бір бөлігі шағылып немесе жұтылып кетеді, нәтижесінде байланыс сапасы төмендейді.

Өткізу қабілетінің төмендеуінің әсері:

- Сигналдың әлсіреуі: Өткізу қабілеттілігінің төмендеуі сигналдың күші мен сапасын төмендетеді. Бұл әсіресе ұзақ қашықтықта байланыс кезінде айқын көрінеді.

- Деректердің жоғалуы: Әлсіреген сигнал деректердің толық немесе жартылай жоғалуына себеп болуы мүмкін. Бұл әсіресе жоғары жылдамдықты деректер тасымалдайтын жүйелер үшін маңызды.

- Бұрмаланған сигнал: Өткізу қабілеттілігінің төмендеуі сигналдың бұрмалануына, ал бұл өз кезегінде деректердің дәл емес немесе кеш берілуіне әкелуі мүмкін.

1.4 Өткізу қабілетінің төмендеуін азайту жолдары

1. Талшықтың сапасын бақылау.

Талшықтың материалдық сапасын арттыру және оның ішкі құрылымындағы ақауларды минимизациялау өткізу қабілетін жоғарылатуға көмектеседі. Бұл үшін өндіріс кезінде жоғары сапалы материалдар қолдану қажет.

2. Қысқа қашықтықтарды пайдалану.

Өткізу қабілетін арттыру үшін, мүмкін болса, оптикалық талшықтың ұзындығын қысқарту тиімді болады. Қысқа қашықтықта әлсіреу мен дисперсияның әсері айтарлықтай төмендейді.

3. Қосылулардың сапасын тексеру.

Талшықтарды қосу кезінде қосылу орындарының дұрыс орналасуы және сапасы өте маңызды. Жоғары сапалы қосылыстарды пайдалану сигналдың әлсіреуін айтарлықтай төмендетеді.

4. Қосымша күшейткіштер мен қайта күшейту.

Өткізу қабілеттілігінің төмендеуін жеңілдету үшін жүйеге күшейткіштер орнату немесе сигналды қайта күшейту жүйесін пайдалану тиімді болып табылады. Бұл ұзақ қашықтықтарда сигналдың әлсіреуін азайтады.

Ақаулар:

– Қисықтықтар мен микрожарықтар. Талшықтың механикалық зақымдалуы, мысалы, майысу немесе сызаттардың пайда болуы, сигналдың әлсіреуіне әкелуі мүмкін. Бұл әсіресе талшықты қосу немесе монтаждау кезінде байқалады.

– Қосылу мен өту орындарындағы ақаулар. Талшықтың қосылу орындары мен өткізгіш байланыстарындағы ақаулар жарықтың дұрыс өтуіне кедергі келтіріп, қосымша әлсіреуге әкеледі.

– Оптикалық жалғау ақаулары. Бұл ақаулар талшықтардың жалғанған орындарында байқалады және байланыс сигналын бұрмалайды. Қосылған жерлердің дұрыстығын тексеру өте маңызды.

2 Рефлектометрлік әдістің теориялық негіздері

2.1 OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) құрылғысының жұмыс принципі

Рефлектометрлік әдіс – оптикалық талшықтық байланыс жүйелерінің диагностикасын жүзеге асыру үшін қолданылатын маңызды әдіс. Бұл әдіс жарықтың таралуын, шағылысуын және онымен байланысқан параметрлерді талдауға негізделген. Рефлектометрлік әдіс негізінде OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) құрылғысы жұмыс істейді.

OTDR құрылғысы – оптикалық талшықтардағы жарық шағылысын өлшеу үшін қолданылатын құрал. Бұл құрылғының жұмыс принципі келесі қадамдарға негізделген:

- Жарықтың шығуы: OTDR құрылғысы талшықтың бір ұшынан импульс түрінде жарық шығарады. Бұл жарық белгілі бір қашықтыққа дейін тарайды.

- Жарықтың шағылуы: Егер оптикалық талшықта ақаулар немесе бұзылулар бар болса, жарық шағылады және таралып, құрылғының қабылдау құрылғысына оралады.

- Жарықтың қайта қабылдануы: Қайта оралған жарықтың қарқындылығы мен уақытын OTDR құрылғысы өлшейді. Осы мәліметтер негізінде талшықтың ұзындығы, оның жағдайы және пайда болған ақаулар туралы ақпарат алынады.

Бұл әдіс сигналды терең талдауға мүмкіндік береді, өйткені ол талшықтағы жарықтың өту уақытын өлшеу арқылы қашықтық пен ақау орындарын анықтауға мүмкіндік береді. OTDR көмегімен оптикалық талшықтың әр түрлі бөліктеріндегі сигналдың әлсіреуін, ақауларды және сигналдың бұрмалануын анықтауға болады.

OTDR құрылғысы – оптикалық талшықтардың диагностикасы мен тексерісі үшін қолданылатын ең маңызды құралдардың бірі. Бұл құрылғы талшықта жарық сигналдарының шағылуы мен таралу уақытын өлшей отырып, талшықтың күйін бағалайды. OTDR құрылғысы өте маңызды және кең таралған зерттеу құралдарының бірі болып табылады, себебі ол талшықтың барлық ұзындығы бойынша жылдам диагностика жүргізуге мүмкіндік береді.

OTDR принципі бойынша жұмыс істеудің негізі – жарық импульсін оптикалық талшықтың бір ұшынан жіберіп, сол импульстің талшықтағы шағылуын (қайтарылуын) өлшеу болып табылады. Шағылу немесе қайтарылған жарықтың уақытын өлшеу арқылы құрылғы талшықтың ұзындығын және оның ақаулары мен бұзылуларын анықтайды.

OTDR құрылғысының жұмыс принципі мынадай негізгі кезеңдерден тұрады:

- Жарық импульсін шығару: OTDR құрылғысы оптикалық талшыққа жарық импульсін жібереді. Бұл импульс жарық жылдамдығымен тарайды.

- Шағылысудың өлшенуі: Егер талшықта ақау болса (мысалы, қосылу орындарында), жарық шағылып, қабылдағышқа оралады.
- Өлшеу: OTDR құрылғысы жарықтың қайтарылу уақытын өлшейді, осыдан кейін талшықтың ұзындығы мен ақаудың орналасқан жері анықталады. Сонымен қатар, сигналдың әлсіреуі (оптикалық жеңілдік) және бұзылу орындары да көрсетіледі.

2.2 OTDR құрылғысының негізгі параметрлері

OTDR құрылғысының жұмыс тиімділігі мен дәлдігі оның параметрлеріне тікелей байланысты. Атап айтқанда, төменде көрсетілген параметрлер маңызды болып табылады:

1. Өлшеу ұзындығы (Measurement Range). OTDR құрылғысының өлшеу ұзындығы талшықтың қаншалықты қашықтыққа дейін диагностика жасай алатындығын анықтайды. Құрылғының өлшеу ұзындығы әдетте 0.1 км мен 150 км аралығында болады. Өлшеу ұзындығының ұзақ болуы құрылғының кез келген ақауды қашықтан анықтау мүмкіндігін арттырады.
2. Дәлдік (Accuracy). OTDR құрылғысының дәлдігі өлшеу нәтижелерінің қатесі мен сенімділігін сипаттайды. Құрылғының дәлдігі ± 1 м болуы тиіс, бұл өте жоғары дәлдікпен жұмыс істеуге мүмкіндік береді.
3. Сигналдың әлсіреуін өлшеу диапазоны (Attenuation Measurement Range). OTDR құрылғысы сигналдың әлсіреуін өлшейді, бұл талшықтың жұмыс қабілеттілігін және байланыс сапасын бағалауға мүмкіндік береді. Сигналдың әлсіреуін өлшеу диапазоны -5 дБм мен -70 дБм арасында болуы мүмкін.
4. Рефлектометрлік талдау уақыты (Test Time). OTDR құрылғысының талдау уақыты диагностика жылдамдығын көрсетеді. Бұл параметр өте маңызды, себебі байланыс жүйелерінің көп бөлігі өз қызметін үздіксіз жүзеге асыруы тиіс. Талдау уақыты 15 секундтан аспауы тиіс, бұл талшықтың жағдайын жылдам бағалауға мүмкіндік береді.
5. Сенімділік (Reliability). Рефлектометрлік әдіс сенімділікке ие болуы қажет. Бұл сенімділік 95%-дан жоғары болуы тиіс, яғни құрылғы ақауларды дер кезінде және дәл анықтай білуі керек.

OTDR құрылғыларының бірнеше түрлері бар, және олардың әрқайсысының өзіндік ерекшеліктері бар. Төменде олардың бірнешеуін сипаттаймын:

1. Көп функционалды OTDR құрылғылары. Бұл құрылғылар жоғары жұмыс тиімділігімен ерекшеленеді және негізінен телекоммуникация жүйелерінде қолданылады. Олар тек талшықтың күйін тексерумен шектелмей, сонымен қатар талшықтың құрылымы, қосылу орындары, сигналдың әлсіреуі сияқты көптеген параметрлерді өлшейді.

Мысал: EXFO FTB-1 – Бұл құрылғы оптикалық талшық жүйелерінің диагностикасын жүргізуге арналған. EXFO FTB-1 талшықтың ұзындығын,

әлсіреуін және ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. Бұл құрылғы өте жоғары дәлдікпен жұмыс істейді және бірнеше түрлі қосымшалармен жабдықталған.

2. Көлемді OTDR құрылғылары. Бұл құрылғылар көлемді деректерді өңдеуге және талдауға қабілетті. Олар көбінесе ұзақ қашықтықтағы оптикалық талшықтарды тексеру үшін қолданылады.

Anritsu Network Master MT1000A – Көлемді OTDR құрылғысы, ол жоғары дәлдікпен жұмыс істейді және оның ұзындығы 150 км-ге дейін болады. Бұл құрылғы деректерді тез жинауға және оларды нақты уақыт режимінде талдауға мүмкіндік береді.

3. Компакт құрылғылар. Бұл құрылғылар шағын әрі жеңіл, бірақ жұмысының сапасы жоғары. Олар негізінен жергілікті желілер мен шағын көлемдегі оптикалық жүйелерді тексеру үшін қолданылады.

Fluke Networks OptiFiber Pro – Бұл құрылғы шағын және жеңіл, бірақ жоғары дәлдікпен жұмыс істейді. Ол құрылғыны пайдаланушыға талшықтың жағдайын оңай тексеруге мүмкіндік береді. Fluke Networks OptiFiber Pro оптикалық талшықтың ұзындығын, қосылу сапасын және ақауларды анықтайды.

2.3 OTDR деректерінің түсіндірілуі

OTDR құрылғысының көмегімен алынған деректер рефлектограмма деп аталады. Рефлектограмма – бұл уақытқа байланысты жарық сигналдарының графигі. OTDR құрылғысы талшықтағы шағылысулардың уақытын өлшейді және бұл мәліметтерді график түрінде көрсетеді. Рефлектограммада әр түрлі бөліктер көрсетіледі:

1. Негізгі импульс (Main Pulse). Бұл импульс құрылғыдан шығарылған негізгі жарық сигналын көрсетеді.

2. Шағылу (Reflection). Талшықтағы ақаулар, қосылымдар немесе бұзылулар жарықты шағылдыруы мүмкін. Бұл шағылулар рефлектограммада көрсетіледі. Ақаулардың түріне қарай шағылудың амплитудасы мен ұзақтығы өзгеруі мүмкін.

3. Сигналдың әлсіреуі (Attenuation). Егер талшықтың бойында ақау болмаса да, сигналдың әлсіреуі болады. Рефлектограммада бұл әлсіреу графиктің төмендеу бағытымен көрсетіледі.

4. Ақаулар мен бұзылулар (Faults and Discontinuities). Егер талшықта механикалық зақымданулар немесе қосылу орындарында ақаулар болса, олар рефлектограммада айқын көрінеді. Әрбір шағылу немесе әлсіреу ақаудың белгілі бір орнын көрсетеді, оны дұрыс талдай білу өте маңызды.

OTDR құрылғысының параметрлері оның жұмыс тиімділігіне тікелей әсер етеді. Осы параметрлерді анықтап, құрылғының ең жақсы жұмыс жасау мүмкіндіктерін пайдалану маңызды. Бұл параметрлерге мыналар кіреді:

1. Өлшеу ұзындығы (Measurement Range). Өлшеу ұзындығы – құрылғының талшық бойымен ақауларды анықтай алатын максималды

қашықтығын сипаттайды. Өлшеу ұзындығы әдетте 0.1 км мен 150 км аралығында болады.

2. Дәлдік (Accuracy). OTDR құрылғысының дәлдігі – қателік аралығының төмен болуы маңызды параметр. Дәлдік ± 1 м болуы тиіс, бұл әсіресе ұзақ қашықтықтағы жүйелерді тексеру кезінде маңызды.

3. Сигналдың әлсіреуін өлшеу диапазоны (Attenuation Measurement Range). Сигналдың әлсіреуін өлшеу диапазоны құрылғының дәлдігін және оның талшықтың тиімді жұмысын бағалауға қабілетін анықтайды. Бұл диапазон әдетте -5 дБм мен -70 дБм аралығында болуы мүмкін.

4. Рефлектометрлік талдау уақыты (Test Time). Рефлектометрлік талдау уақыты – құрылғының диагностикалық сынақты орындауға қажетті уақыты. Құрылғының талдау уақыты әдетте 15 секундтан аспауы тиіс.

5. Сенімділік (Reliability). Сенімділік параметрі құрылғының нәтижелерінің дәлдігі мен тұрақтылығын көрсетеді. Құрылғы сенімділігі кем дегенде 95% болуы керек.

2.4 OTDR құрылғысының артықшылықтары мен кемшіліктері

OTDR құрылғысының тиімділігі мен қолданылуын толық түсіну үшін оның артықшылықтары мен кемшіліктерін білу қажет.

Артықшылықтары:

– Жоғары дәлдік: OTDR құрылғысы талшықтың әрбір бөлігін нақты өлшейді, бұл оның жағдайын толық бағалауға мүмкіндік береді.

– Көпфункционалдылық: OTDR тек талшықтың жағдайын емес, оның ұзындығын, әлсіреуін және басқа да параметрлерін өлшей алады.

– Қашықтықтан бақылау: OTDR құрылғысының көмегімен қашықтықтан талшықтың барлық бөлігі тексерілуі мүмкін.

Кемшіліктері:

– Қымбаттығы: OTDR құрылғылары қымбат болып табылады және олардың сатып алуы кейде тұтынушылар үшін қиын болуы мүмкін.

– Кәсіби дағдыларды талап етуі: OTDR құрылғысын тиімді қолдану үшін арнайы дайындық қажет. Оны дұрыс пайдалану үшін тәжірибе мен білім керек.

– Кейбір жағдайларда ақауларды анықтау қиындығы: Көптеген ақаулар кішкентай немесе жартылай жасырын болуы мүмкін, бұл оларды дәл анықтауды қиындатады.

OTDR құрылғысының көмегімен алынған деректер рефлектограмма деп аталады. Бұл график құрылғының шығаратын негізгі нәтижесі болып табылады және талшықтағы ақауларды түсіндіруде қолданылады. Рефлектограммада бірнеше маңызды элементтер бар:

– Негізгі импульс. Бұл оптикалық талшықтан шығарылған негізгі жарық импульсінің графикте бейнеленген нүктесі.

- Шағылу (Reflection). Ақаулар мен қосылу орындары шағылған жарықпен анықталады. Шағылу амплитудасы мен ұзақтығы ақаулардың түрі мен ауырлығына байланысты өзгеріп отырады.
- Сигналдың әлсіреуі. Талшықтың бойында сигналдың әлсіреуі, әсіресе үлкен қашықтықтарда, графиктің төмендеуіне себеп болады.

2.5 OTDR құрылғысының қолданылу салалары

OTDR құрылғыларының қолданылу салалары өте кең, және олар әртүрлі типтегі оптикалық талшықтық жүйелерде пайдаланылады:

1. Телекоммуникация жүйелері: OTDR құрылғылары телекоммуникация желілерінде кеңінен қолданылады. Олар желілердің жағдайын тексеруге, ақауларды анықтауға және оларды жөндеуге мүмкіндік береді.
2. Интернет және деректер байланысы: Жоғары жылдамдықтағы интернет пен деректерді тасымалдау жүйелерінде OTDR құрылғыларының көмегімен талшықтық желілердің дұрыс жұмыс істеп тұрғаны тексеріледі.
3. Кабельдер мен өткізгіштерді тексеру: OTDR құралдары электр және оптикалық кабельдерді тексеру үшін қолданылуы мүмкін.
4. Зерттеу және әзірлемелер: OTDR құрылғылары ғылыми-зерттеу жұмыстарында және жаңа технологияларды әзірлеуде пайдалы болады.

OTDR құрылғыларының қолданылуы мен ерекшеліктерін анықтау үшін оның артықшылықтары мен кемшіліктерін талдап көрейік.

Артықшылықтары:

- Жоғары дәлдік пен сенімділік: OTDR құрылғылары өте жоғары дәлдікпен жұмыс істейді және деректердің сенімділігін қамтамасыз етеді.
- Көпфункционалды: Бірнеше түрлі ақаулар мен талшықтың күйін анықтауға мүмкіндік береді.
- Қашықтықтан диагностика: Жүйенің барлық бөліктерін қашықтан тексеруге болады.

Кемшіліктері:

- Қымбаттылығы: OTDR құрылғылары қымбат болуы мүмкін, бұл кейбір қолданушылар үшін кедергі болуы мүмкін.
- Кәсіби дағдыларды талап етеді: OTDR құрылғысын тиімді пайдалану үшін арнайы дайындық пен тәжірибе қажет.
- Ақаулардың анықталу қиындығы: Кішкентай немесе жартылай жасырын ақауларды анықтау кейде қиындық туғызуы мүмкін.

3 Оптикалық жүйелердің диагностикасы мен тестілеу әдістері

3.1 Диагностиканың дәстүрлі және заманауи әдістері

Оптикалық талшықтық жүйелердің сенімді жұмысын қамтамасыз ету үшін олардың диагностикасы мен тестілеуін үнемі жүргізу қажет. Бұл жүйелер ақпараттың жоғары жылдамдықпен әрі ұзақ қашықтыққа жоғалту мен бұрмалануынсыз тасымалдануын қамтамасыз етеді. Алайда, талшықтарда пайда болатын әртүрлі ақаулар жүйенің жұмысына әсер етуі мүмкін, сондықтан оларды уақытында анықтап, шешу маңызды. Осы мақсатта қолданылатын диагностикалық әдістер мен тестілеу құралдары жүйенің тиімді жұмысын қамтамасыз етуге және сигналдың сапасын сақтауға мүмкіндік береді.

Оптикалық жүйелердегі диагностика ақпаратты тасымалдау және жүйенің қызмет көрсету сапасын қамтамасыз ету үшін негізгі құрал болып табылады. Диагностика әдістері арқылы оптикалық талшық жүйелеріндегі ақаулар анықталады, олардың орналасқан жері мен түрі белгіленеді, әрі жүйенің жұмыс тиімділігі бағаланады. Диагностика мен тестілеу әдістері жүйенің әртүрлі параметрлерін тексеруді қамтиды.

Сигналдың әлсіреуі немесе оптикалық әлсіреу (attenuation) – бұл оптикалық талшық арқылы өтетін жарықтың қуатының төмендеуі. Бұл әлсіреу жарықтың жұтылуынан, шағылысудан және дисперсиядан туындайды. Әлсіреу деңгейін өлшеу арқылы талшықтың сапасын бағалауға болады. Әлсіреу өте жоғары болған жағдайда, сигнал дұрыс беріле алмайды, бұл ақпараттың жоғалуы немесе бұрмалануы мүмкін. Сигналдың әлсіреуін өлшеу үшін OTDR немесе арнайы өлшеу құралдары пайдаланылады.

Оптикалық қосылымдар, мысалы, талшықтарды біріктіру немесе қосу кезінде пайда болатын ақаулар мен бұзылулар да жүйенің жұмысын бұза алады. Қосылымдардың дұрыс орналасуы мен сапасы талшықтың әлсіреуін және шағылуын айтарлықтай төмендетеді. Қосылу ақауларын тексеру үшін визуалды инспекция және OTDR құрылғысы қолданылады.

Талшықтың геометриялық параметрлерін тексеру. Талшықтың геометриялық параметрлері, мысалы, оның қисықтығы немесе сызықтық ұзындығы да оның жұмыс сапасына әсер етеді. Талшықтың иілуі немесе сызықтық өзгерістері сигналдың әлсіреуіне және бұрмалануына себеп болады. Осы параметрлерді тексеру үшін арнайы құралдар қолданылып, талшықтың дұрыс орнатылуы мен орналасуы бақыланады.

3.2 Оптикалық жүйелердің тестілеу әдістері

Оптикалық жүйелерді тексеру әдістері ақауларды уақытында анықтап, жүйенің жұмыс қабілеттілігін бағалауға мүмкіндік береді. Тестілеу әдістері арқылы талшықтардың әртүрлі параметрлері тексеріледі және жүйе

жұмысындағы ауытқулар немесе бұзылулар анықталады. Оптикалық жүйелерді тексеру үшін қолданылады:

- Қосылымдар мен жалғауларды тексеру. Оптикалық жүйелерде қосылымдар мен жалғаулар өте маңызды рөл атқарады. Талшықтардың қосылған жерлерінде шағылысулар немесе ақаулар пайда болуы мүмкін, олар сигналдың әлсіреуіне әкеледі. Бұл ақауларды тексеру үшін OTDR немесе арнайы оптикалық тестерлер пайдаланылады. Қосылулар мен жалғаулардың дұрыс жасалуы жүйенің жұмысын айтарлықтай жақсартады.

- Симуляциялық әдістер. Оптикалық жүйелердің жұмысын тексеру кезінде симуляциялық әдістерді қолдану өте тиімді. Бұл әдіс жүйені виртуалды түрде модельдеу және оның әртүрлі жұмыс шарттарындағы әрекетін бағалауға мүмкіндік береді. Симуляциялық әдістер жүйенің функционалдығын тексеруге, ақауларды болжауға және олардың ықтимал әсерін анықтауға мүмкіндік береді.

3.3 Ақауларды анықтау әдістері

Ақауларды анықтаудың бірнеше әдісі бар, олардың әрқайсысы талшықтың күйін және оның жұмысына әсер ететін параметрлерді бақылауға арналған. Ақауларды анықтау үшін ең тиімді әдістерге OTDR құрылғысы, сигналдың әлсіреуін өлшеу, қосылуларды тексеру, визуалды инспекция және геометриялық параметрлерді бақылау кіреді.

Оптикалық жүйелердің диагностикасы мен тестілеуі жүйенің жұмыс қабілеттілігін сақтауға және ақауларды уақытында анықтауға мүмкіндік береді. Бұл әдістер жүйенің әртүрлі параметрлерін тексеруге, ақауларды нақты анықтауға және байланыс сапасын сақтауға мүмкіндік береді. Өткізу қабілетінің төмендеуі, сигналдың әлсіреуі және қосылу ақаулары сияқты мәселелерді анықтау арқылы жүйенің қызмет көрсету сапасын қамтамасыз етуге болады.

3.4 Оптикалық жүйелердің диагностикасының маңызы

Оптикалық талшықтық жүйелер – бұл жоғары жылдамдықты деректер тасымалдаудың негізі болып табылады, ал олардың сенімділігі мен тұрақтылығы жүйенің тиімді жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Сондықтан оптикалық жүйелерді дұрыс диагностикалау өте маңызды, себебі кез келген ақау немесе бұзылыс жүйенің қызмет көрсету сапасын төмендетіп, деректердің жоғалуына, байланыс үзілістеріне, тіпті жүйенің толық істен шығуына әкелуі мүмкін.

Диагностика мен тестілеу әдістері арқылы оптикалық жүйелердің жұмысын тиімді басқаруға, олардың қызмет ету мерзімін ұзартуға және ақауларды дер кезінде анықтауға мүмкіндік беріледі. Бұл әдістер әсіресе ұзақ қашықтыққа арналған байланыс жүйелерінде маңызды, себебі қашықтықтағы ақауларды дер кезінде анықтау арқылы оларға жылдам әрекет етуге болады.

Оптикалық жүйелердің диагностикасы – бұл тек техникалық тексеру ғана емес, сонымен қатар олардың сапасы мен сенімділігін сақтау, болашақтағы жөндеулердің алдын алу, жүйенің жұмыс қабілетін ұзақ мерзімге қамтамасыз ету үшін маңызды. Диагностика жасау кезінде жүйенің жұмыс істеу тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыруға болады, себебі талшықты байланыс жүйелерінде кішкене ақау үлкен мәселенің туындауына себеп болуы мүмкін. Диагностика мен тестілеу әдістерінің маңызды аспектісі – бұл жүйелердегі жұмыс ақауларын анықтау уақыты мен тиімділігі.

Қазіргі заманғы телекоммуникациялық желілер мен деректер орталықтары үшін жоғары деңгейдегі диагностика әдістері қажет. Желі сапасы мен жүйенің тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін жүйелі мониторинг және тестілеу жүргізу өте маңызды. Жүйелердің жұмысын үнемі бақылау мен талдау, яғни ақауларды алдын-ала анықтау және оларды жоюға бағытталған шаралар маңызды.

3.5 Диагностика әдістерінің түрлері

Оптикалық талшықтық жүйелердің диагностикасы бірнеше негізгі әдістерді қолдану арқылы жүзеге асырылады:

1. OTDR көмегімен диагностика. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) – бұл оптикалық талшықтарды тексеру үшін қолданылады. OTDR құрылғысы талшықтың ұзындығын, ақауларды, әлсіреуді және талшықтың жағдайын анықтау үшін шағылысу уақытын өлшейді. Бұл әдіс жоғары дәлдікке ие және талшықтағы әр түрлі ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. OTDR деректері рефлектограмма түрінде көрсетіледі, оның көмегімен ақаулардың орналасқан жерін, түрін және ақау ауырлығын дәл анықтауға болады.

2. Сигналдың әлсіреуін өлшеу. Сигналдың әлсіреуі, немесе оптикалық әлсіреу (attenuation), – бұл оптикалық талшық арқылы өтетін жарық сигналдарының энергиясының жоғалуы. Әлсіреу сигналдың әр түрлі себептермен төмендеуінен пайда болады: жарықтың жұтылуы, шағылысу, дисперсия. Әлсіреуді өлшеу талшықтың жұмысының тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді. Сигналдың әлсіреуін өлшеу үшін OTDR құрылғысы немесе арнайы пәтерлік құрылғылар қолданылады.

3. Оптикалық қосылымдардың тексерілуі. Оптикалық қосылымдар – бұл екі немесе бірнеше оптикалық талшықтың бірігуі немесе қосылуы болып табылады. Талшықтың қосылу орындарында белгілі бір дәрежеде сигналдың әлсіреуі немесе шағылысуы орын алуы мүмкін. Қосылымдардың сапасын тексеру үшін арнайы құралдар мен әдістер қолданылады. Мұндай тексерулер ақауларды алдын ала анықтауға және оларды түзетуге мүмкіндік береді.

4. Визуалды инспекция (Visual Inspection). Бұл әдіс механикалық зақымдануларды немесе ақауларды анықтау үшін пайдаланылады. Визуалды инспекция кезінде талшықты көзбен қарап шығу немесе талшықтың сыртқы жағдайын тексеру үшін арнайы құралдар қолдану арқылы ақаулар анықталады.

Бұл әдіс қарапайым және жылдам, бірақ ол тек сыртқы зақымдар мен қатты ақауларды анықтауға мүмкіндік береді.

Визуалды тексеру әдісі – оптикалық талшықтың сыртқы жағдайын бақылау мен механикалық ақауларды (мысалы, сызаттар, майысулар) анықтаудың қарапайым әрі тиімді әдісі. Визуалды тексеру кезінде талшықтың қосылу орындары мен жүйенің сыртқы бөлігі тексеріледі. Бұл әдіс ақауларды айқын көрінетін жерлерде анықтауға мүмкіндік береді, бірақ ол тек сыртқы зақымдар мен ақауларды тапқан жағдайда тиімді болады.

5. Сызықтық және бұрыштық өлшеулер. Оптикалық жүйелердің геометриялық параметрлерін тексеру маңызды болып табылады. Қосылу орындарындағы бұрыштардың немесе талшықтың сызықтық ұзындығының өзгеруі сигналдың әлсіреуіне немесе деректердің бұрмалануына әкелуі мүмкін. Бұл әдіс арнайы құралдар арқылы талшықтың геометриялық сипаттамаларын тексеруге мүмкіндік береді.

Оптикалық талшықтық жүйелерді тексеру мен диагностика жасау бірнеше әдістерді қолдануды талап етеді. Әр әдіс нақты параметрлер мен нәтижелерге негізделеді.

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) көмегімен диагностика. OTDR – оптикалық талшық жүйелеріндегі ақауларды анықтауға арналған құрылғы. OTDR құрылғыларының ең үлкен артықшылығы – олар талшықтың барлық ұзындығы бойынша ақауларды бақылап, олардың орналасқан жерін, түрін және ауырлығын дәл анықтай алады. OTDR құрылғысы арқылы талшықты тексеру кезінде бірқатар негізгі мәліметтер алынады, мысалы, сигналдың әлсіреуі, шағылысу нүктелері, қосылу ақаулары және басқа да маңызды параметрлер.

Қолданылатын құрылғылар:

- EXFO FTV-1: Бұл құрылғы жоғары дәлдікпен жұмыс істейді, сигналдың әлсіреуін, ақауларды анықтауды және талшықтың жұмыс жағдайын бағалауды қамтамасыз етеді. EXFO FTV-1 тексерулерді жылдам орындауға мүмкіндік береді және деректерді автоматты түрде жинайды.

- Anritsu Network Master MT1000A: Ұзақ қашықтықтағы байланыс жүйелерін тексеруге арналған құрылғы. MT1000A талшықты жүйелерді тексерудің кең ауқымды әдістерін қолданады, сондай-ақ сынақтардың нәтижелерін шынайы уақыт режимінде береді.

1. Сигналдың әлсіреуін өлшеу. Сигналдың әлсіреуі – бұл талшықтан өтетін жарық сигналдарының қуатының төмендеуі. Әлсіреу негізінен үш себеппен орын алады:

- Жарықтың жұтылуы, оптикалық талшықтың ішкі қасиеттеріне байланысты;
- Шағылысу және дисперсия, яғни жарықтың бірқалыпты таралмауы;
- Талшықтың қисаюы немесе зақымдануы.

Сигналдың әлсіреуін өлшеу үшін OTDR құрылғысы немесе арнайы өлшеу құралдары пайдаланылады. Бұл әдіс арқылы талшықтың бойындағы ақауларды дәл анықтауға болады. Әлсіреудің шегі жүйенің жұмыс қабілетіне әсер етеді, сондықтан оны тұрақты түрде бақылап отыру керек.

2. Оптикалық қосылымдардың тексерілуі. Оптикалық қосылымдарда жартылай байланыс немесе дұрыс орнатылмаған қосылулар ақауларға себеп болуы мүмкін. Қосылымдардың сапасын тексеру үшін визуалды тексеру және OTDR деректері пайдаланылады. Талшықтың қосылу орындарындағы қысылулар мен сызаттар құрылымдық кемшіліктерге әкеліп, сигналдың әлсіреуіне себеп болуы мүмкін.

3. Визуалды инспекция (Visual Inspection). Бұл әдіс арқылы механикалық ақаулар мен сыртқы зақымданулар тексеріледі. Визуалды тексеру кезінде талшықтың сынуы, сызаттар немесе қосылу орындарының сапасы анықталады. Осы әдіс арқылы тек механикалық ақаулар мен сыртқы зақымдарды табуға болады. Сонымен қатар, бұл әдіс арқылы тереңдетілген талдау жасалмайды, сондықтан ол көбінесе басқа әдістермен біріктіріледі.

3.6 Ақауларды анықтау әдістері

Оптикалық жүйелерде жиі кездесетін ақауларды анықтау үшін бірнеше әдіс қолданылады. Олар ақаулардың түрі мен олардың орналасқан жеріне қарай бөлінеді:

1. Механикалық зақымдар (кривизна, қысылу, сызаттар). Талшықтың сыртқы механикалық зақымдануы жүйенің жұмысын бұзады. Мысалы, талшықтың қатты қисықтығы немесе шаншылуы кезінде жарық сигналдары бұрмаланады. Мұндай зақымдарды OTDR құрылғысы арқылы анықтауға болады.

Қисықтық, қысылу, немесе сызаттар сияқты механикалық зақымдар көп кездеседі. OTDR құрылғысы арқылы талшықтың зақымданған орындарын анықтауға болады. Әдетте, зақымдардың шамасы мен орындары графикте шағылу ретінде көрінеді.

2. Жоғары сигналдың әлсіреуі. Талшық бойында сигналдың өте жоғары әлсіреуі болуы мүмкін. Бұл сигналдың өзінде ақаулардың болуын көрсетеді. Әлсіреу шамасы OTDR арқылы өлшенеді, ал талшықтағы әлсіреудің себебі қосылымдарда, сызаттарда немесе басқа да ақауларда болуы мүмкін.

Сигналдың әлсіреуін өлшеу әдісі.

Сигналдың әлсіреуі оптикалық жүйенің жұмысындағы маңызды параметр болып табылады. Талшық бойымен өткен сайын жарықтың қуаты төмендейді, себебі жарықтың бір бөлігі жұтылады, ал қалған бөлігі шағылады. Сигналдың әлсіреуі сигналдың сапасын төмендетеді және деректердің жоғалуына әкелуі мүмкін. Әлсіреуді өлшеу үшін OTDR құрылғысы немесе арнайы пәтерлік құрылғылар қолданылады.

Сигналдың әлсіреуі – оптикалық талшықта жарықтың таралуы кезінде энергияның жоғалуы. Бұл процесс жарықтың жұтылуы, шағылуы және басқа да физикалық құбылыстардың әсерінен орын алады. Әлсіреу нәтижесінде, талшық бойымен өткен жарықтың қуаты төмендейді. Сигналдың әлсіреуі ұзақ

қашықтыққа деректер тасымалдауда маңызды рөл атқарады, себебі ол жүйенің тиімділігін және сигналдың сапасын төмендетеді.

1. Әлсіреудің есептелу формуласы. Сигналдың әлсіреуін өлшеу үшін мына формула қолданылады:

$$A = \frac{10}{L} \times \log_{10} \left(\frac{P_0}{P_1} \right) \quad (3.1)$$

мұндағы: A – сигналдың әлсіреуі (дБ/км),

P_0 – сигналдың бастапқы қуаты (дБ),

P_1 – сигналдың соңғы қуаты (дБ),

L – талшықтың ұзындығы (км).

Бұл формула арқылы әлсіреудің деңгейі және оның талшық бойымен таралуын бақылауға болады.

2. Сигналдың әлсіреуін OTDR құрылғысы арқылы өлшеу. OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) құрылғысы арқылы сигналдың әлсіреуі өлшенеді. OTDR құрылғысы жарық импульсін талшыққа жібереді, ол талшық бойымен таралып, әртүрлі ақаулардан шағылып қайтады. Бұл шағылысулар арқылы талшықтың ұзындығы мен әлсіреу деңгейі есептеледі. OTDR құрылғысы нақты уақыт режимінде талшықтың жұмысын бағалауға және әлсіреуді өлшеуге мүмкіндік береді.

Талшықтың ұзындығы 100 км болған жағдайда, бастапқы сигналдың қуаты 0 дБ, ал соңғы қуаты -20 дБ болған кезде, әлсіреуді есептеу үшін жоғарыдағы формуланы қолданамыз.

$$A = -10 \times \log_{10} \left(\frac{P_1}{P_0} \right) \quad (3.2)$$

Бұл графикте сигналдың қуаты қашықтықтың артуымен біркелкі төмендейді, өйткені сигналдың әлсіреуі негізінен жарықтың жұтылуы мен шағылысуынан болады.

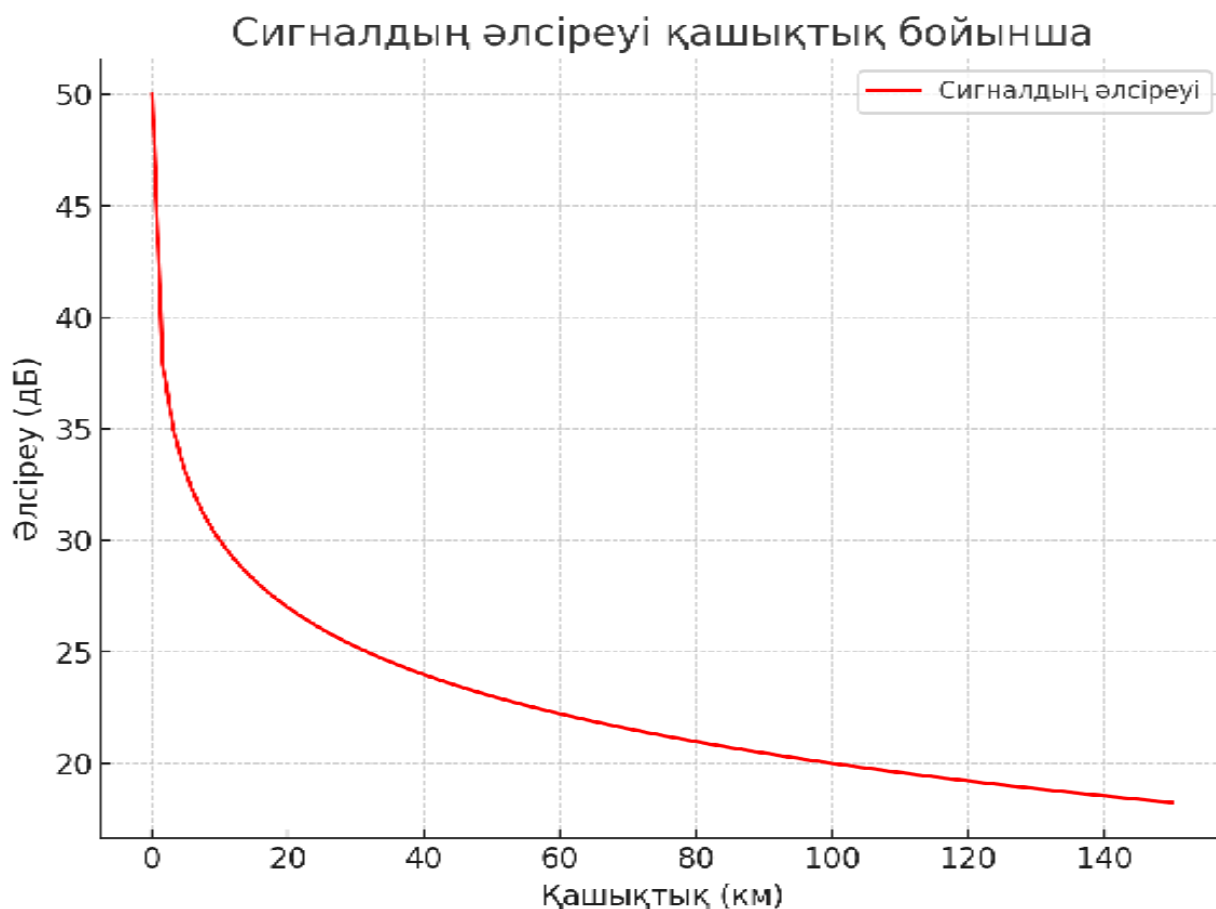
3. Графикалық түрде әлсіреу көрсетілімін салу. Әлсіреудің графигі сигналдың қашықтық бойынша қалай әлсірейтінін көрсетеді. Мысалы, жоғарыда келтірілген талшықтың ұзындығына байланысты әлсіреу графикте қалай көрсетілетінін көру үшін графикті салуға болады.

4. Шағылу және қосылым ақаулары. Талшықтың қосылу орындарында жарықтың шағылуы немесе дұрыс қосылмау кезінде сигналдың жоғалуы немесе бұрмалануы орын алады. Бұл ақауды анықтау үшін OTDR құрылғылары қолданылып, рефлектограмма талданады.

Ақаулардың пайда болуы шағылысудан көрінеді, яғни жарық сигналдары жүйеден қайтып келеді. Бұл көбінесе қосылу жерлерінде кездеседі. Шағылудың интенсивтілігі ақаудың ауырлығын көрсетеді.

5. Дисперсия және уақытша қателер. Дисперсия – бұл жарықтың таралу жылдамдығының әртүрлі болуы, яғни әрбір моданың талшықта әртүрлі жылдамдықпен таралуы. Бұл эффект көбінесе көпмодалы талшықтарда

байқалады. Жоғары дисперсия оптикалық жүйеде деректердің жоғалуына немесе бұрмалануына себеп болуы мүмкін. Ол арнайы өлшеулермен анықталады.



3.1-сурет – Сигналдың қашықтық бойынша әлсіреуі

Дисперсия көпмодалы талшықтарда орын алады, бұл сигналдың модаларының әртүрлі жылдамдықта таралуына байланысты. Дисперсия уақытша қателер мен деректердің бұрмалануына себеп болуы мүмкін.

3.7 Бірмодалы және көпмодалы талшықтарды тексеру

Бірмодалы және көпмодалы талшықтардың жұмысын тексеру кезінде олардың әртүрлі таралу жылдамдықтарын ескеру қажет. Бірмодалы талшық тек бір модада жұмыс істейді, сондықтан оның дисперсиясы өте төмен. Ал көпмодалы талшықта бірнеше модада жұмыс істегендіктен, дисперсия жоғары болады, бұл сигналдың бұрмалануына себеп болуы мүмкін. Осы параметрлерді тексеру үшін арнайы өлшеу құрылғылары қолданылады.

Бірмодалы және көпмодалы талшықтардың жұмысын тексеру кезінде олардың әртүрлі таралу жылдамдықтарын және дисперсия әсерлерін ескеру

кажет. Бірмодалы талшық тек бір модада жұмыс істейді, сондықтан дисперсия өте төмен болады және сигналдың бұрмалануы мүмкін емес. Ал көпмодалы талшық бірнеше модада жұмыс істегендіктен, әр мода әртүрлі жылдамдықпен таралады, бұл дисперсияны арттырады және сигналдың бұрмалануына себеп болуы мүмкін.

Есептеулер мен талдау

1. Дисперсияның әсері. Дисперсияның әсерін бағалау үшін сигналдың уақыт бойынша кеңеюін есептеу қажет. Көпмодалы талшықта әртүрлі модалар әртүрлі жылдамдықпен таралғандықтан, олардың арасында уақытша айырмашылықтар болады, бұл сигналдың кеңеюіне әкеледі. Бірмодалы талшықта мұндай әсер болмайды, себебі тек бір мода пайдаланылады.

1.1. Бірмодалы талшықтың дисперсиясы. Бірмодалы талшық үшін дисперсияның әсері төмен болады, себебі ол тек бір модада жұмыс істейді. Бірақ бұл жағдайда сигналдың уақыт бойынша кеңеюі болмауы үшін оптикалық талшықтың геометриясы мен материалдарының қасиеттері маңызды рөл атқарады. Бірмодалы талшықта сигнал тек бір модамен таралады, сондықтан дисперсияның әсері минималды.

1.2. Көпмодалы талшықтың дисперсиясы. Көпмодалы талшықта бірнеше мода бір уақытта таралады. Бұл әр мода үшін жылдамдықтардың әртүрлі болуына және сәйкесінше сигналдың кеңеюіне әкеледі. Бұл дисперсияның әсерін арттырады, себебі әр мода әртүрлі қашықтыққа әртүрлі уақытта жетеді. Талшықта көптеген модалардың бар болуы сигналдың бұрмалануына және байланыс сапасының төмендеуіне себеп болады.

Дисперсияның есептеу формуласы:

Сигналдың уақыт бойынша кеңеюін есептеу үшін келесі формула пайдаланылады:

$$\Delta T = \frac{D \times L}{\Delta \lambda} \quad (3.3)$$

мұндағы: ΔT – сигналдың уақыт бойынша кеңеюі,

D – дисперсия коэффициенті (пс/км/нм),

L – талшықтың ұзындығы (км),

$\Delta \lambda$ – толқын ұзындығының диапазоны (нм).

Бұл формуланы қолдану арқылы дисперсияның әсерінен сигналдың кеңеюін есептеуге болады. Дисперсияның жоғары болуы сигналдың бұрмалануын арттырады.

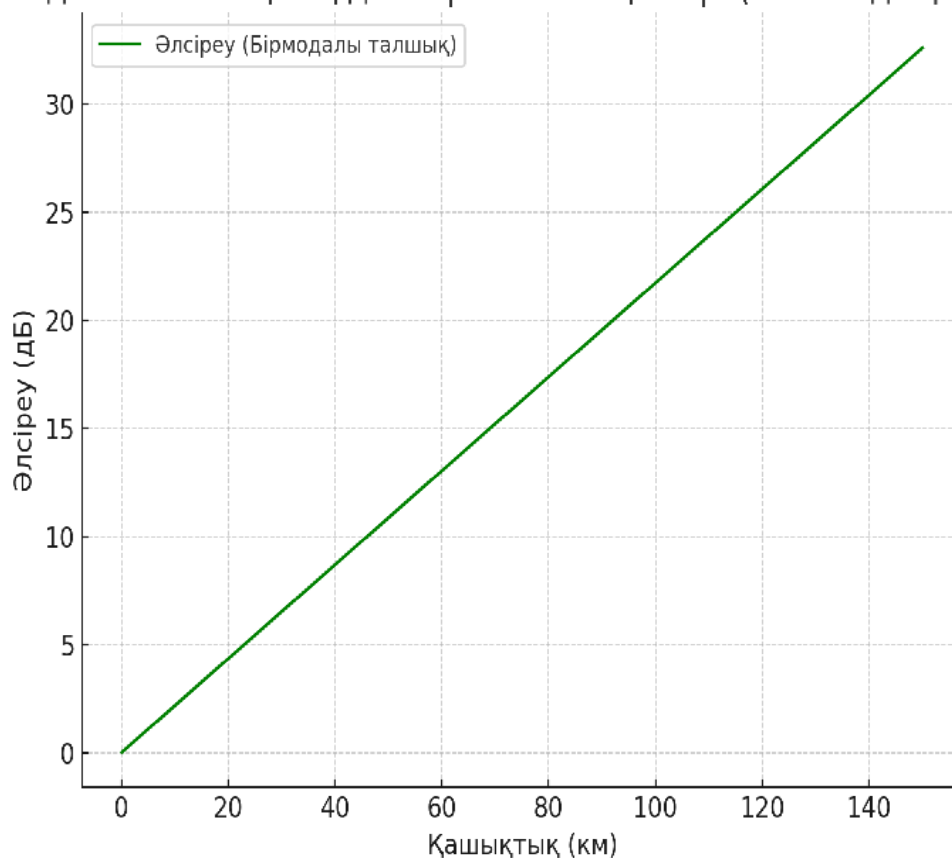
3.8 Бірмодалы және көпмодалы талшықтарды тексеру әдістері

3.8.1 Бірмодалы талшықтың тексеруі

Бірмодалы талшықтарды тексеру кезінде ең алдымен оның геометриялық және физикалық қасиеттері бағаланады. Бірмодалы талшықтарда дисперсияның әсері минималды болғандықтан, олар көбінесе ұзақ қашықтықта деректерді тасымалдау үшін қолданылады. Олар жоғары жиілікті байланыстарда және жоғары өткізу қабілеттілігіне ие жүйелерде тиімді жұмыс істейді. Тексеру үшін, келесі параметрлерді тексеру керек:

- Сигналдың әлсіреуі (attenuation): Оптикалық талшықтың арқылы өтетін жарықтың әлсіреуін өлшеу.
- Шағылулар (reflections): Қосылымдар мен қосылу орындарындағы шағылуларды тексеру.
- Толқын ұзындығының өзгерісі: Толқын ұзындығына байланысты сигналдың сапасын бағалау.

Бірмодалы талшықтың дисперсиясының әсері (Сигналдың әлсіреуі)

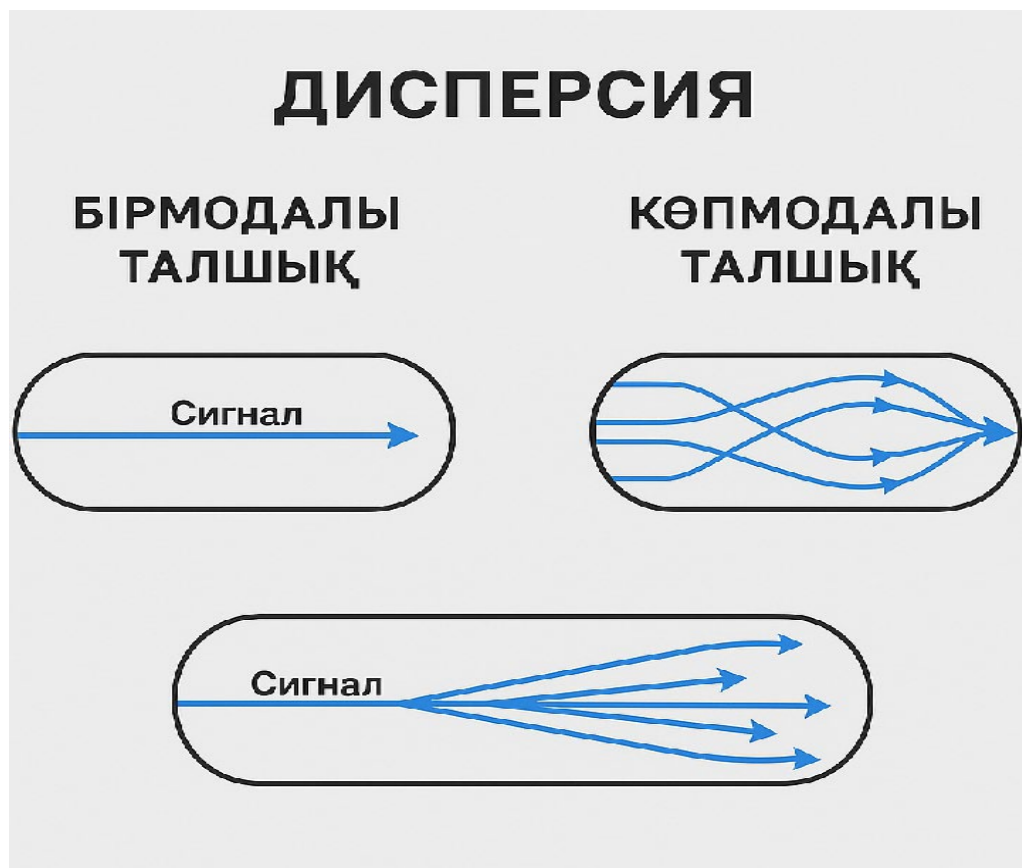


3.2-сурет - Бірмодалы талшықтың дисперсиясының әсері

Бірмодалы талшықтың дисперсиясының әсерін көрсететін график. Бірмодалы талшықта сигнал тек бір модада таралады, сондықтан дисперсияның

әсері минималды және сигналдың әлсіреуі қашықтықтың артуымен бірқалыпты жоғарылайды.

Мұнда бір режимді және мультимодты талшықтарды салыстыра отырып, талшықты-оптикалық дисперсияны бейнелейтін диаграмма берілген



3.3-сурет – Бір режимді және мультимодты талшықтар дисперсиясы

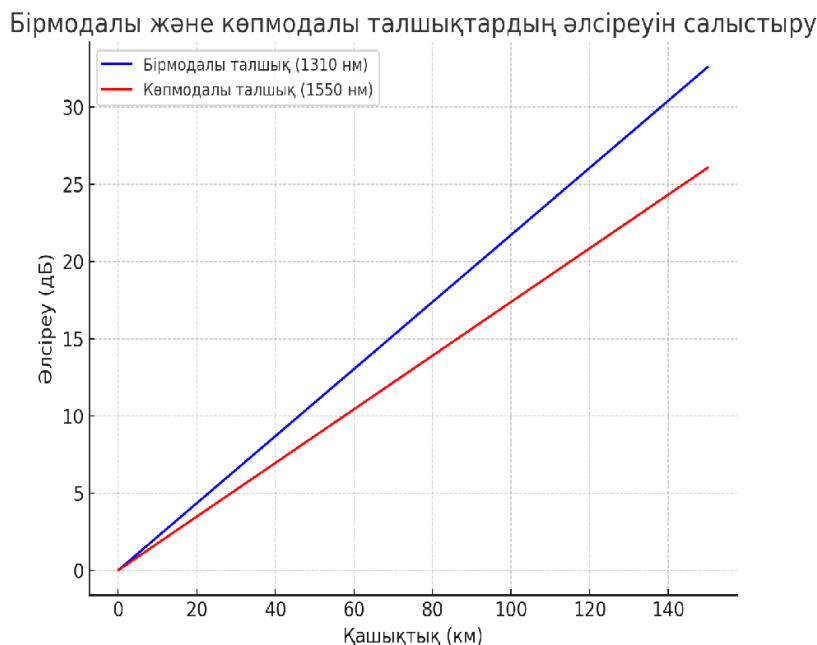
3.8.2 Көпмодалы талшықтың тексеруі

Көпмодалы талшықтарды тексеру кезінде дисперсияның әсері мен модалардың таралу жылдамдығы басты назарда болады. Тексеру үшін келесі әдістер қолданылады:

- Сигналдың кеңеюін өлшеу: Модалардың таралу жылдамдықтарын өлшеу арқылы олардың арасындағы уақыт айырмашылығын бағалау.
- Дисперсияны өлшеу: Дисперсия коэффициентін анықтап, оның әсерін есептеу.
- Шағылулар мен қосылу ақауларын тексеру: Қосылымдардағы ақаулар мен шағылуларды анықтау.

Бірмодалы және көпмодалы талшықтарды тексеру кезінде олардың дисперсиясы мен таралу жылдамдығын ескеру маңызды. Бірмодалы талшықтың дисперсиясы төмен болғанымен, көпмодалы талшықта дисперсияның әсері жоғары болады. Сондықтан көпмодалы талшықтардың жұмысын тексеру кезінде модалардың таралу жылдамдықтары мен уақыт бойынша кеңеюін мұқият

бақылау қажет. Тексеру әдістері мен құрылғылары арқылы осы ақауларды анықтап, олардың әсерін азайтуға болады.



3.4-сурет – Бірмодалы және көпмодалы талшықтардың әлсіреуін салыстыру

Бірмодалы (1310 нм) және көпмодалы (1550 нм) талшықтар үшін сигналдың әлсіреуін салыстыратын график. Графиктен көріп отырғанымыздай, бірмодалы талшықта әлсіреу деңгейі баяу өссе, көпмодалы талшықта әлсіреу жылдамрақ артады, себебі көпмодалы талшықта дисперсияның әсері жоғары

3.9 Оптикалық жүйелерді тестілеудің заманауи әдістері

Технологиялардың дамуына байланысты оптикалық жүйелерді тестілеудің әдістері де өзгеріп, жетілдірілуде. Қазіргі таңда төмендегідей заманауи әдістер кеңінен қолданылады:

1. Цифрлық сигналдарды талдау. Цифрлық сигналдар арқылы оптикалық жүйелерді талдау өте тиімді болып табылады. Бұл әдіс сигналдардың цифрлық түрінде өңделіп, әр түрлі ақауларды анықтауға мүмкіндік береді. Заманауи есептеу техникасы мен алгоритмдер бұл әдістің тиімділігін арттырады. Цифрлық сигналдарды талдау әдісі жарық сигналдарының цифрлық түрінде өңделуіне негізделеді. Бұл әдіс арқылы жүйенің барлық деректері өңделіп, талшықтардағы ақаулардың пайда болу мүмкіндіктері анықталады.

2. Автоматтандырылған тестілеу жүйелері. Автоматтандырылған тестілеу жүйелері оптикалық жүйелердің жағдайын үнемі мониторинг жүргізу үшін қолданылады. Мұндай жүйелер жұмыс барысындағы ақауларды дер кезінде

анықтауға, талшықтың күйін бағалауға және оны қолмен тексерудің қажетсіздігін жоюға мүмкіндік береді.

Заманауи автоматтандырылған жүйелер арқылы оптикалық жүйелердің тұрақтылығын үздіксіз бақылауға болады. Бұл жүйелер үнемі деректер жинап, ақауларды онлайн режимінде анықтап, дәл хабар береді.

3. Интернет арқылы қашықтан диагностика. Қазіргі заманғы технологиялар интернет арқылы қашықтан диагностика жүргізуге мүмкіндік береді. Бұл әдіс әсіресе үлкен аймақтардағы оптикалық байланыс жүйелерін тексеру үшін қолданылады. Қашықтан мониторинг жүйелері арқылы пайдаланушылар барлық жүйелердің жағдайын онлайн режимде бақылай алады.

4. Әр түрлі аймақтарда орналасқан жүйелердің жағдайын қашықтан бақылау, мәліметтерді Интернет арқылы жинау және талдау әдістері жүйенің уақытылы тексерілуін қамтамасыз етеді. Қашықтан диагностика жоғары дәлдікпен жүзеге асады және бұл әсіресе үлкен аймақтардағы жүйелер үшін тиімді.

5. Басқару және тестілеу бағдарламалары. Арнайы бағдарламалық жасақтамалар (мысалы, MATLAB, Python) оптикалық жүйелердің тестілеу нәтижелерін өңдеу, ақауларды талдау және болжау үшін қолданылады. Бұл бағдарламалар талшықтың әртүрлі параметрлерін бақылап, ақаулардың түрлері мен орындарын нақты анықтауға мүмкіндік береді.

MATLAB, Python сияқты бағдарламаларда талшықтың нақты деректерін өңдеуге арналған кеңейтілген алгоритмдер мен бағдарламалық жасақтамалар қолданылады. Бұл бағдарламалар деректерді өңдеу, нәтижелерді талдау және ақауларды болжауға мүмкіндік береді.

3.10 Ақауларды тез және дәл анықтау

Ақауларды анықтаудағы басты мақсат – жүйедегі кез келген бұзылуларды мүмкіндігінше тез арада тауып, оларды жою. Әсіресе үлкен қашықтықтағы оптикалық талшық жүйелерінде ақаулардың болмауы жүйенің сенімділігін және байланыс сапасын қамтамасыз етеді. Ақауларды тез және дәл анықтау үшін әртүрлі әдістер қолданылады. Бұл әдістер көбінесе автоматтандырылған құралдар мен заманауи технологияларды қолдануды талап етеді.

Ақауларды тез және дәл анықтау үшін келесі әдістер мен шешімдер ұсынылады:

1. Рефлектометрлік әдіс. OTDR құрылғысын пайдалану арқылы оптикалық жүйелердегі ақауларды жылдам және дәл анықтауға болады. Бұл әдіс қашықтықты нақты анықтап, талшықтағы бұзылулар мен ақауларды айқындайды.

OTDR (Optical Time Domain Reflectometer) әдісі ақауларды тез анықтау үшін ең қолайлы және кеңінен қолданылатын әдіс болып табылады. OTDR құрылғысы оптикалық талшықтардағы шағылысуды өлшей отырып, олардың ұзындығын, әлсіреуін және ақауларын анықтауға мүмкіндік береді.

OTDR көмегімен ақауларды анықтау принципі:

- Шағылу: Талшықтағы кез келген ақау жарық сигналын шағылыстырады, бұл шағылысулар рефлектограммада айқын көрінеді.

- Әлсіреу: Талшықтың бойында сигналдың әлсіреуі оның сапасын төмендетеді. OTDR құрылғысы әлсіреудің деңгейін өлшеп, ақаулардың болған орындарын нақты анықтауға мүмкіндік береді.

OTDR көмегімен ақауларды тез анықтаудың бір мысалы ретінде құрылғыны талшықты өлшеп, рефлектограмма құрып, сол деректер негізінде ақауды қашықтық пен шағылысу дәрежесіне қарап анықтауға болады. Ақауларды анықтауда OTDR ең жылдам және тиімді әдіс болып саналады, өйткені ол бірнеше секунд ішінде талшықтың барлық жағдайын тексереді.

2. Автоматтандырылған өлшеулер мен мониторинг. Жүйелерді үнемі бақылап, автоматты түрде тестілеу арқылы ақауларды дер кезінде анықтап, жүйенің тұрақтылығын сақтауға болады.

Жүйенің тиімділігін арттыру үшін автоматтандырылған өлшеулер мен мониторинг жүйелерін қолдану маңызды. Бұл жүйелер нақты уақыт режимінде талшықтың күйін бақылап, деректерді жинайды және нәтижелерді автоматты түрде өңдейді.

Автоматтандырылған жүйелердің артықшылықтары:

- Үздіксіз бақылау: Бұл жүйелер үздіксіз жұмыс істейді және нақты уақыт ішінде ақауларды анықтап, олар туралы хабарлама береді.

- Ақауларды болжау: Алдын ала талдау мен болжау жүйелердің келешектегі жағдайы мен оның сенімділігін болжауға мүмкіндік береді.

- Жылдам әрекет ету: Ақаулар анықталған жағдайда автоматты түрде байланыс жасау арқылы жүйеге хабарламалар жіберіледі, осылайша ақауларды тез арада жоюға болады.

Қолданылатын құралдар мен әдістер:

- SNMP (Simple Network Management Protocol): Желі құрылғыларын бақылауға және олардың жұмысын диагностикалауға мүмкіндік береді.

- IoT негізіндегі мониторинг жүйелері: Бұл жүйелер желілер мен құрылғылардың жұмысын интернет арқылы қашықтан бақылап, деректерді автоматты түрде өңдейді.

3. Мақсатты диагностика. Жүйенің әлсіз орындарын анықтап, тек сол бөліктерді тексеру арқылы диагностика жүргізу тиімді болып табылады.

Қазіргі уақытта онлайн мониторинг және қашықтан диагностика жүйелері арқылы ақауларды анықтауға болады. Бұл әдіс әсіресе үлкен аумақтарда орналасқан оптикалық жүйелер үшін өте тиімді. Қашықтан диагностика арқылы кез келген уақытта жүйенің жағдайын бақылауға және ақауларды анықтауға болады.

Қашықтан диагностика жүйелерінің артықшылықтары:

- Қашықтықтан бақылау: Бұл жүйелер жергілікті орналасуына қарамастан бүкіл жүйенің жағдайын тексеруге мүмкіндік береді.

– Жылдам түзету шаралары: Ақаулар анықталғаннан кейін жылдам әрекет етуге мүмкіндік береді, себебі операторлар жүйеге қашықтан қол жеткізе алады.

– Қолданушылардың тиімділігі: Әр түрлі аймақтардан байланыс жасау арқылы пайдаланушылар жүйенің жағдайын тексеріп, қажет болған жағдайда түзету жұмыстарын жүргізе алады.

4. Деректерді өңдеу және талдау үшін бағдарламалық құралдар. Деректерді өңдеу және талдау үшін арнайы бағдарламалық жасақтамалар қолданылады. Бұл бағдарламалар арқылы ақауларды анықтау мен олардың ауырлық деңгейін бағалауға болады.

Қолданылатын бағдарламалық құралдар:

– MATLAB, Python, R: Бұл бағдарламалар ақауларды анықтауда қолданылатын алгоритмдер мен математикалық модельдерді құру үшін пайдаланылады. Олар арқылы рефлектограмма деректерін өңдеп, талшықтың күйін дәл анықтауға болады.

– Деректерді өңдеу және талдау үшін бағдарламалық құралдар. Деректерді өңдеу және талдау үшін арнайы бағдарламалық жасақтамаларды пайдалану өте маңызды, себебі бұл құралдар арқылы ақауларды анықтау, олардың ауырлық деңгейін бағалау және жүйенің тиімділігін бағалау мүмкіндігі артады. Атап айтқанда, MATLAB, Python және R сияқты бағдарламалар деректерді өңдеуде және талдауда кеңінен қолданылады.

1. MATLAB бағдарламасы.

MATLAB – инженерлік және ғылыми есептерді шешу үшін кеңінен қолданылатын бағдарламалық орта. Бұл бағдарлама көп жағдайда күрделі математикалық модельдер мен алгоритмдер құру үшін қолданылады. MATLAB бағдарламасы рефлектограмма деректерін өңдеу үшін өте тиімді құрал болып табылады. Мұнда әртүрлі матрицалық операциялар мен деректерді талдаудың арнайы функциялары бар.

MATLAB арқылы деректерді өңдеу қадамдары:

1. Рефлектограмма деректерін жүктеу: MATLAB деректерді оңай импорттай алады, соның ішінде CSV, Excel немесе басқа форматтардан деректерді өңдеуге болады.

2. Деректерді өңдеу: Рефлектограмма деректерін математикалық әдістермен өңдеу арқылы ақаулардың орнын, көлемін және себептерін анықтауға болады.

3. Графикалық көрсету: MATLAB деректерді графикалық түрде көрсетуге мүмкіндік береді, мысалы, сигналдың әлсіреуі, шағылулар мен ақауларды визуализациялау үшін графиктер мен диаграммалар құру.

Рефлектограмма деректерін MATLAB арқылы талдау кезінде, сигналдың әлсіреуі мен шағылысуды графикалық түрде көрсету үшін төмендегідей код жазуға болады:

```

matlab
% Рефлектограмма деректерін жүктеу
data = load('reflectogram_data.txt');

% Деректерді бөліп алу
distance = data(:,1); % Қашықтық
signal_strength = data(:,2); % Сигналдың қуаты

% Өлсіреуді есептеу
attenuation = -10*log10(signal_strength);

% График салу
figure;
plot(distance, attenuation);
xlabel('Қашықтық (км)');
ylabel('Өлсіреу (дБ)');
title('Рефлектограмма өлсіреуінің графигі');
grid on;

```

Бұл код рефлектограмма деректерін жүктеп, сигналдың өлсіреуін есептейді және нәтижені график түрінде көрсетеді.

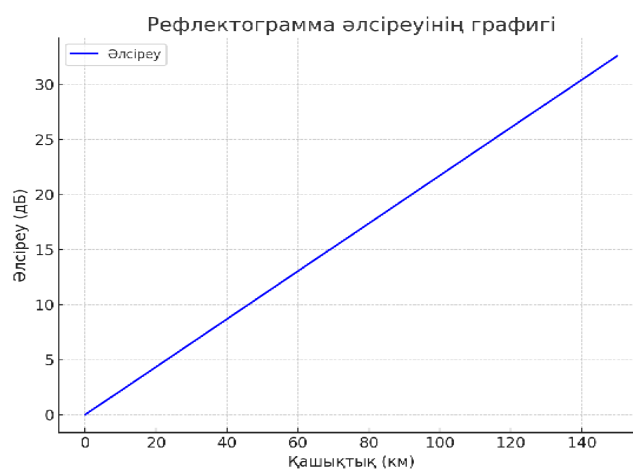
MATLAB арқылы талшық бойымен сигналдың өлсіреуін көрсететін графиктің мысалы. Бұл график қашықтықтың артуымен сигналдың өлсіреуін көрсетеді.

2. Python бағдарламасы.

Python – жалпы мақсаттағы бағдарламалау тілі, ол деректерді өңдеу және талдау үшін көптеген кітапханалар мен құралдарға ие. Python-да деректерді өңдеу үшін NumPy, Pandas, Matplotlib және SciPy сияқты кітапханалар кеңінен қолданылады. Бұл бағдарламаның артықшылығы – оның қарапайымдылығы мен кеңінен қолданыста болуы.

Python арқылы деректерді өңдеу қадамдары:

1. Деректерді жүктеу: Python-да деректерді жүктеу үшін Pandas кітапханасы пайдаланылады. Мұнымен қоса, деректерді CSV немесе Excel файлдарынан оңай импорттауға болады.



3.5-сурет – Рефлектограмма өлсіреуінің графигі

2. Деректерді өңдеу: NumPy және Pandas кітапханалары арқылы деректерді өңдеп, қажет параметрлерді есептеуге болады.

3. График құру: Matplotlib немесе Seaborn кітапханалары арқылы деректерді визуализациялау және талдау үшін графиктер мен диаграммалар салуға болады.

Есеп мысалы: Python арқылы рефлектограмма деректерін талдау үшін төмендегідей код қолдануға болады:

```
python
import numpy as np
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

# Рефлектограмма деректерін жүктеу
data = pd.read_csv('reflectogram_data.csv')

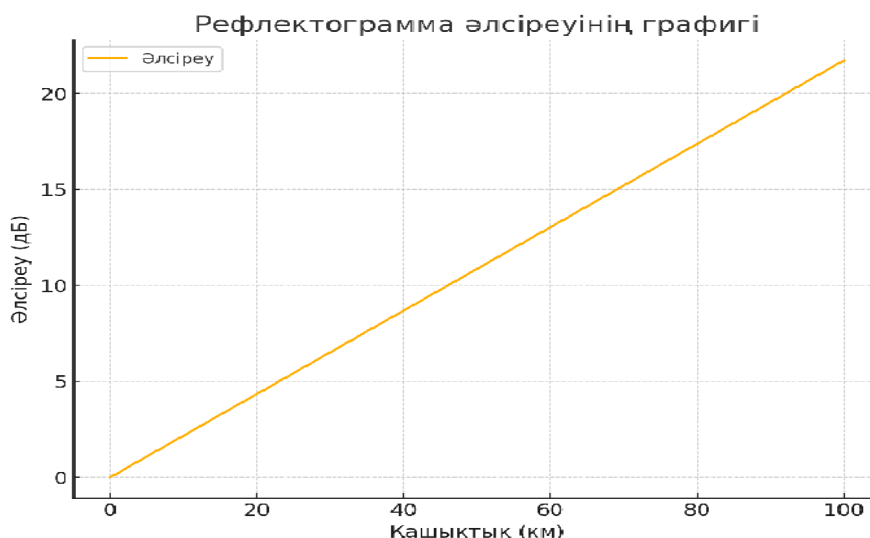
# Қашықтық пен сигналдың қуатын бөліп алу
distance = data['Distance']
signal_strength = data['SignalStrength']

# Әлсіреуді есептеу
attenuation = -10 * np.log10(signal_strength)

# График салу
plt.figure()
plt.plot(distance, attenuation)
plt.xlabel('Қашықтық (км)')
plt.ylabel('Әлсіреу (дБ)')
plt.title('Рефлектограмма әлсіреуінің графигі')
plt.grid(True)
plt.show()
```

Бұл код рефлектограмма деректерін оқып, сигналдың әлсіреуін есептейді және оны график түрінде көрсетеді.

Бұл график сигналдың қашықтық бойынша әлсіреуін көрсетеді.



3.5-сурет – Рефлектограмма әлсіреуінің графигі

Жұмыстың бастапқы мәліметтеріне негізделген рефлектограмма деректерін өңдеу мен талдау үшін, өлшеу ұзындығы мен толқын ұзындығының әсерін ескеру қажет. Бұл мәліметтер, әсіресе сигналдың әлсіреуі мен шағылуын бағалау үшін маңызды. Толқын ұзындығының өзгеруі сигналдың таралуын және оның қасиеттерін өзгертуі мүмкін. Мысалы, 1310 нм және 1550 нм толқын ұзындықтары оптикалық талшықтардағы жұтылу мен дисперсияның әртүрлі деңгейлеріне әкеледі.

Толқын ұзындығы мен қашықтыққа байланысты сигналдың әлсіреуін есептеу үшін:

- Өлшеу ұзындығы 0.1 км мен 150 км аралығында болуы мүмкін.
- Толқын ұзындығының әсері: 1310 нм мен 1550 нм толқын ұзындықтарында сигналдың әлсіреуі түрлі болады.

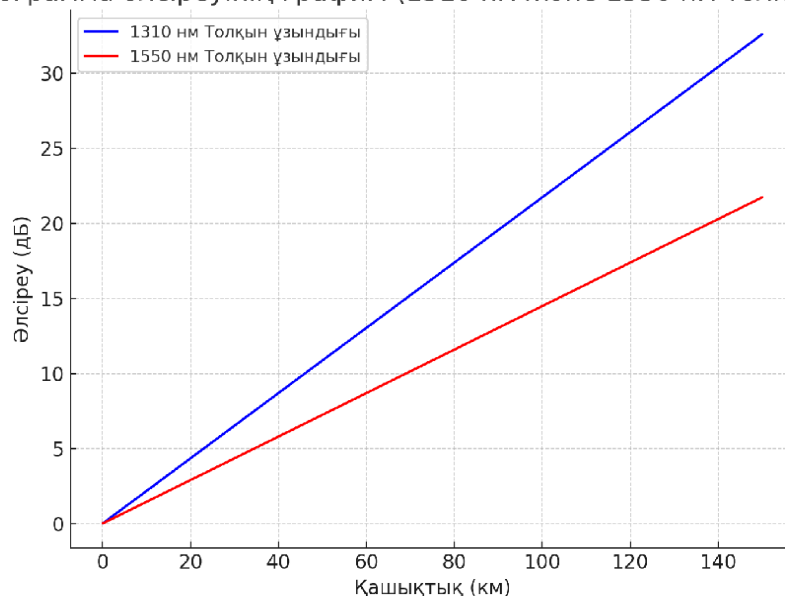
Бұл бастапқы мәліметтерді ескере отырып, рефлектограмма үшін деректерді есептеп, графикте көрсететін боламыз. Төменде толқын ұзындығы мен қашықтыққа негізделген жасанды деректерді пайдаланамын.

Жоғарыдағы мәліметтер бойынша, мен сізге осы параметрлерді ескере отырып жаңа график көрсету үшін есептеулерді жасаймын.

Жаңа графикті көрсетейін:

- Толқын ұзындығының 1310 нм және 1550 нм үшін сигналдың әлсіреуін есептеу.
- Өлшеу ұзындығын 0.1 км мен 150 км аралығында пайдалану.
- Рефлектограмма әлсіреуінің графигі (1310 нм және 1550 нм толқын ұзындығы)

Рефлектограмма әлсіреуінің графигі (1310 нм және 1550 нм толқын ұзындығы)



3.6-сурет - 1310 нм және 1550 нм толқын ұзындықтары үшін оптикалық талшықтағы сигналдың әлсіреуін көрсететін график

Міне, 1310 нм және 1550 нм толқын ұзындықтары үшін оптикалық талшықтағы сигналдың әлсіреуін көрсететін график. Қашықтықтың артуымен әлсіреу деңгейі жоғарылайды, және екі толқын ұзындығының әлсіреуі де әртүрлі болып келеді. 1550 нм толқын ұзындығы, әдетте, 1310 нм-ге қарағанда аз әлсіреуге ие.

3. R бағдарламасы.

R – статистикалық есептеулер мен графикалық визуализация үшін арнайы әзірленген бағдарламалық құрал. Бұл тіл статистикалық деректерді өңдеу, талдау және визуализация үшін қолданылады. R-дің кеңінен қолданылатын пакеттері арасында ggplot2, dplyr, tidyr және shiny бар.

R арқылы деректерді өңдеу қадамдары:

1. Деректерді жүктеу: R бағдарламасында деректерді CSV немесе Excel файлдарынан жүктеуге болады.

2. Деректерді талдау: dplyr және tidyr пакеттері арқылы деректерді тазалау, сұрыптау және өңдеу жасалады.

3. График салу: ggplot2 пакеті деректерді визуализациялау үшін қолданылады.

Есеп мысалы: R-ді пайдаланып рефлектограмма деректерін талдау үшін келесі кодты қолдануға болады:

```
# Қажетті пакеттерді жүктеу
library(ggplot2)

# Рефлектограмма деректерін жүктеу
data <- read.csv("reflectogram_data.csv")

# Сигналдың әлсіреуін есептеу
data$attenuation <- -10 * log10(data$SignalStrength)

# График салу
ggplot(data, aes(x=Distance, y=attenuation)) +
  geom_line() +
  labs(title="Рефлектограмма әлсіреуі", x="Қашықтық (км)", y="Әлсіреу (дБ)") +
  theme_minimal()
```

Бұл код рефлектограмма деректерін оқып, сигналдың әлсіреуін есептеп, ggplot2 арқылы график түрінде көрсетеді.

MATLAB, Python және R сияқты бағдарламалар деректерді өңдеу және талдау үшін өте тиімді құралдар болып табылады. Бұл бағдарламалар арқылы ақауларды анықтап, сигналдың әлсіреуін, шағылуларды және басқа да маңызды параметрлерді талдауға болады. Әр бағдарламаның өз артықшылықтары бар, сондықтан таңдаған құрал жүйенің талаптарына және зерттеу мақсатына сәйкес болуы керек.

3.11 Рефлектограмма нәтижелері және толқын ұзындығына байланысты талдау

Қолданылған құралдар сипаттамасы (OTDR түрі, модель);

Жасалған өлшеулер мен алынған нәтижелер;

Ақауларға мысалдар, рефлектограмма талдауы;

Ұсынымдар мен шешімдер;

Ақауларды болжау және шешім қабылдау жүйелері.

Ақауларды болжау жүйелері қазіргі кезде кеңінен қолданылады. Бұл жүйелердің басты міндеті – талшықтың жағдайы мен оның келешектегі ақауларын болжау.

Ақауларды болжау әдістері:

- Машиналық оқыту (Machine Learning): Жасанды интеллект негізінде ақауларды болжау жүйелері құрылып, талшықтағы ықтимал ақаулардың орын алу ықтималдығын алдын ала есептеуге болады.

- Статистикалық модельдер: Талшықтың жұмысын статистикалық түрде талдау арқылы оның күйін болжауға болады. Бұл модельдер тарихи деректерге негізделген.

Мысалы: машиналық оқыту алгоритмдері арқылы сигналдың әлсіреу деңгейі мен шағылысу мүмкіндігін алдын ала анықтап, оларды болжау арқылы ақауларды болжауға болады. Бұл әдіс әртүрлі жағдайларда тиімді әрі үнемді болып табылады, себебі ол деректердің үлкен көлемін өңдеуге және талдауға мүмкіндік береді.

Қайталанатын сенімділікті арттыру жолдары. Қайталанатын сенімділік (Reliability) жүйелердің ұзақ мерзім бойы тұрақты жұмыс істеуін қамтамасыз ету үшін маңызды параметр болып табылады. Оптикалық жүйелерде сенімділік – бұл жүйенің ақауларды болдырмау немесе түзету қабілеті, сондай-ақ, жүйенің қызмет көрсету сапасы мен ұзақ мерзімді жұмысын қамтамасыз ететін факторлардың бірі. Қайталанатын сенімділікті арттыру арқылы жүйелердің қызмет көрсету уақытын ұзартып, ақаулардың алдын алуға болады.

Оптикалық талшық жүйелерінің сенімділігін арттыру үшін бірнеше тәсілдер мен шаралар қолдануға болады. Олардың ішінде дұрыс жобалау, жоғары сапалы материалдарды пайдалану, жүйені дұрыс орнату, жүйелі бақылау және техникалық қызмет көрсету жұмыстарын жүргізу басты рөл атқарады.

Жүйені дұрыс жобалау. Қайталанатын сенімділікті арттырудың алғашқы қадамы – жүйені дұрыс жобалау. Оптикалық жүйелерді жобалау кезінде келесі аспектілерге назар аудару керек:



3.7-сурет – Ақауларды анықтау әдістерінің схемасы

– Құрылымдық кемшіліктердің алдын алу: Талшықтар мен қосылымдардың құрылымын дұрыс таңдап, оларды жүйелі түрде тексеріп отыру қажет. Оптикалық талшықтарды жоғары сапалы материалдардан жасап, құрылымдық қателіктерден, мысалы, иілу немесе қисаюдан қорғау керек.

– Резервтік жүйелерді қосу: Сенімділік деңгейін арттыру үшін резервтік жүйелер мен қосымша жабдықтарды қосу өте маңызды. Егер негізгі жүйе ақауға ұшыраса, резервтік жүйелер оның жұмысын автоматты түрде алмастырады.

– Қосылу орындарын бақылау: Қосылымдардың сапасына ерекше назар аудару керек. Қосылымдар дұрыс орнатылмаған жағдайда, ол сигналдың әлсіреуіне және ақауларға әкелуі мүмкін. Қосылу орындарының сенімділігін тексеріп, оларды дұрыс орнату қажет.

2. Жоғары сапалы материалдарды қолдану.

Оптикалық талшықтың сапасы жүйенің сенімділігіне тікелей әсер етеді. Материалдардың дұрыс таңдалуы мен жоғары сапасы жүйенің ұзақ уақыт бойы дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Жоғары сапалы материалдар қолдану арқылы келесі нәтижелерге қол жеткізуге болады:

– Әлсіреуді азайту: Жоғары сапалы материалдар әлсіреудің деңгейін төмендетіп, сигналдың жоғалуын азайтады.

– Шағылуды болдырмау: Жақсы материалдар, әсіресе жалғау және қосылу орындарында, шағылудың деңгейін азайтады, бұл байланыстың сапасын жақсартады.

– Қоршаған орта әсерінен қорғау: Талшықтың сыртқы жағдайларға, мысалы, температураның өзгеруіне немесе ылғалға төзімділігін арттырады.

3. Дұрыс орнату және монтаждау.

Сенімділік деңгейін арттыруда жүйенің дұрыс орнатылуы мен монтаждың маңызы зор. Орнату кезінде келесі факторларға назар аудару қажет:

– Иілу мен қысылудан қорғау: Талшықты орнату кезінде оның иілуі немесе қысылуының алдын алу керек. Иілудің әсерінен сигналдың әлсіреуі және модалық дисперсияның артуы мүмкін. Талшықты дұрыс бағытта орналастыру керек.

– Қоршау және қорғау: Талшықты орнату кезінде оны физикалық зақымданулардан қорғау қажет. Мысалы, сыртқы ықтимал зақымданулардан қорғау үшін арнайы оқшаулағыш материалдар қолдану.

– Қосылу сапасын тексеру: Қосылымдардың дұрыс жасалуы өте маңызды. Қосылу орындары дұрыс орналаспаған жағдайда, ол талшықтың жұмысын нашарлатады. Сондықтан қосылу орындарын арнайы тексеріп, сапасын бақылап отыру қажет.

4. Жүйелі бақылау және мониторинг.

Сенімділікті арттыру үшін жүйелі бақылау мен мониторинг жүргізу маңызды. Қайталанатын сенімділік жүйені үздіксіз бақылап, кез келген ақауларды ерте кезеңде анықтауға мүмкіндік береді. Бұл үшін келесі әдістер қолданылуы мүмкін:

– Қашықтан мониторинг жүйелері: Қазіргі заманғы технологиялар қашықтан бақылау жүйелерін пайдалану мүмкіндігін береді. Жүйенің барлық жұмыс параметрлері үздіксіз бақыланып, кез келген ақау немесе жұмысқа қатысты ауытқулар уақытында анықталады.

– Автоматтандырылған диагностикалық жүйелер: Өзі автоматты түрде жұмыс істейтін жүйелер арқылы жүйенің күйін үнемі бақылауға болады. Бұл жүйелер кез келген ақауды автоматты түрде анықтап, оны түзету шараларын ұсынады.

5. Техникалық қызмет көрсету және жөндеу.

Жүйені үнемі техникалық қызмет көрсету мен жөндеу арқылы сенімділігін арттыруға болады. Техникалық қызмет көрсету жұмыстары ақаулардың алдын алып, жүйенің үздіксіз жұмыс істеуін қамтамасыз етеді. Оған мынадай шаралар жатады:

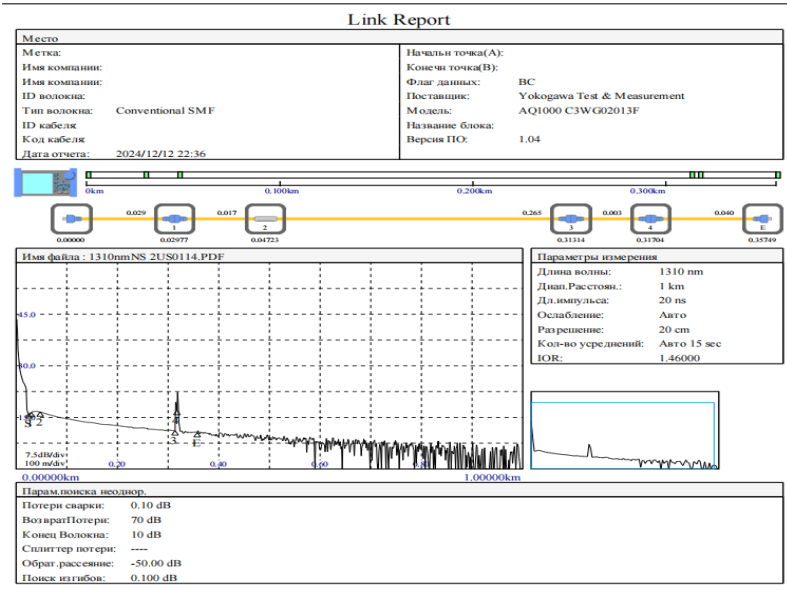
– Реттелетін жөндеу жұмыстары: Жүйенің жұмыс істеуін үнемі тексеріп, оның қажетті бөлшектерін уақытында жөндеу қажет. Бұл сенімділікті арттыруға және жүйенің ұзақ қызмет етуіне көмектеседі.

– Құрылғының тазалануы мен күтімі: Оптикалық жүйелердің дұрыс жұмыс істеуі үшін оларды үнемі тазалап, күтім жасау керек. Талшықтың бетінде шаң немесе басқа да бөгде заттар жинақталса, ол сигналдың әлсіреуіне әкелуі мүмкін.

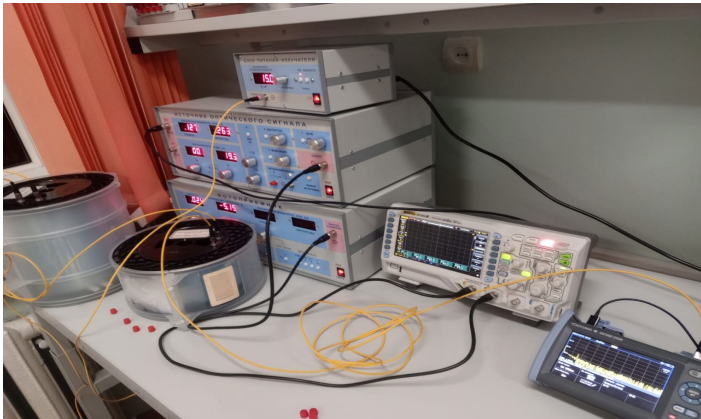
6. Қосымша резервтік жүйелер мен шешімдер.

Сенімділікті арттыру үшін резервтік жүйелер мен компоненттерді енгізу өте тиімді шешім болып табылады. Егер негізгі жүйе ақауға ұшыраса, резервтік

жүйелер автоматты түрде қосылып, қызметті жалғастыра алады. Бұл жағдайда ақауларға жедел жауап беруге мүмкіндік беріледі. Резервтік жүйелердің болуы байланыс сапасының төмендеуіне немесе үзілуіне жол бермейді.



3.8-сурет – Рефлектограмма өлшемдер



3.9-сурет – 1310 нм және 1550 нм толқын ұзындығындағы өлшемдер

Бұл жағдайда бұл рефлектограммаларда қолданылған 1310 нм және 1550 нм толқын ұзындығындағы өлшемдерге байланысты.

Талшық екі толқын ұзындығы үшін де керемет сапаны көрсетеді. 1310 нм толқын ұзындығында шығындар сәл төмен, бұл толқын ұзындығын қысқа және орташа қашықтыққа қолайлы етеді. Толқын ұзындығы 1550 нм ұзағырақ қашықтықта жұмыс істеуге жарамды, бірақ көбірек әлсіреуді және сигнал регенераторларын ықтимал пайдалануды ескеруді қажет етеді.

ҚОРЫТЫНДЫ

Ақауларды тез және дәл анықтау үшін әртүрлі заманауи әдістер мен құралдарды қолдану өте маңызды. OTDR құрылғысы, автоматтандырылған жүйелер, қашықтан диагностика, деректерді өңдеу бағдарламалары мен ақауларды болжау әдістері жүйелердің тиімділігін арттырып, кез келген ақауды дер кезінде анықтап, түзетуге мүмкіндік береді. Бұл әдістер мен құралдар оптикалық байланыс жүйелерінің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және олардың қызмет ету мерзімін ұзартуға ықпал етеді.

Оптикалық жүйелердің қайталанатын сенімділігін арттыру үшін жүйенің дұрыс жобалануы, жоғары сапалы материалдардың қолданылуы, дұрыс орнатылуы және жүйелі түрде бақылаудың жүргізілуі өте маңызды. Осы әдістерді қолдану арқылы оптикалық жүйелердің жұмысын ұзақ уақыт бойы сенімді сақтауға болады. Сонымен қатар, техникалық қызмет көрсету мен жөндеу шаралары арқылы ақауларды дер кезінде анықтап, оларды жоюға мүмкіндік береді.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- 1 Hernandez, V.J., & Jones, M. Advanced OTDR Testing Techniques for High-Density Networks. – IEEE Communications Magazine, 2022, Vol. 60, Issue 5, pp. 128–135.
- 2 Sharma, R.K., & Singh, J. Troubleshooting Optical Fiber Networks Using OTDR. – Springer, 2021. – 420 бет.
- 3 VIAVI Solutions Inc. Optimizing OTDR Performance for Modern Fiber Networks. – VIAVI, 2020.
- 4 Yokogawa Technical Report. OTDR Innovations in Fiber Optic Diagnostics. – Yokogawa, 2023.
- 5 Fiber Optic Association (FOA). Guide to OTDR and Fiber Testing. – FOA, 2019.

РЕЦЕНЗИЯ

Дипломдық жұмыс

Калиев Самат Нұрланұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар

Тақырыбына: «Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу»

Орындалды:

а) графикалық бөлім 15 парақ;

б) түсініктеме 43 бет.

ЖҰМЫСҚА ЕСКЕРТУ

Берілген бітіру жұмысында қазіргі Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу әдістерін зерттеу жолдары ұсынылды. Жұмыста нақты техникалық параметрлерге сүйене отырып, практикалық есептеулер мен теориялық талдаулар жүргізілді.

Жұмыстың барысында нақты зертханалық сынақтар мен практикалық өлшеулер арқылы OTDR құрылғысының жұмыс принципі, оның өлшеу дәлдігі, тиімділігі, сондай-ақ жүйедегі әртүрлі ақауларды анықтау мүмкіндіктері қарастырылған.

Дипломдық жұмыста оптикалық жүйелердің сапасын бақылау тестілеуде студент өз тарапынан қандай жақсартулар енгізген. Кейбір орфографиялық қателер кездеседі.

Графикалық және мәтіндік материалдар МСТҚ талабына сәйкес жазылған. Бұл дипломдық жоба жоғарғы оқу орындарының талаптарына сай жеткілікті жоғарғы дәрежеде жазылған, алынған нәтижелер – қауіпсіздікті пайдаланудағы бағытқа жауап береді.

ЖҰМЫСТЫҢ БАҒАСЫ

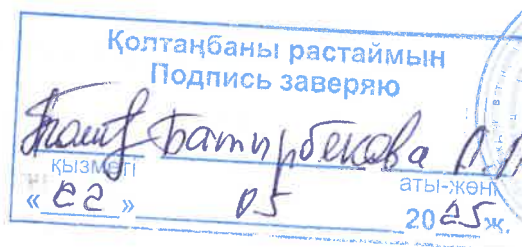
Жалпы, дипломдық жұмыс «жақсы» (85%) деп бағаланды, ал студент Калиев Самат Нұрланұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Рецензент:

Физ.-мат.ғыл.канд., Ф.Дәукеев ат.
АЭЖБУ профессор-оқытушысы
«20» 05 2025 ж.

М.А.Хизирова

М.А.Хизирова



ҒЫЛЫМИ ЖЕТЕКШІНІҢ ПІКІРІ

Дипломдық жұмыс

Калиев Самат Нұрланұлы

6B06201 – Телекоммуникациялар оқу бағдарламасы

Тақырыбы: «Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу»

Бұл дипломдық жұмыста рефлектометр көмегімен тестілеу жасалған. Негізгі сипаттамасы және болашақ ықтимал болатын түрлері келтірілген.

Бұл дипломдық жұмыста «Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу» тақырыбы қарастырылды.

Оптикалық талшықтық жүйелердің диагностикасы мен тестілеуінің тиімді әдістері әзірленді. Рефлектометрлік мәліметтер негізінде ақауларды тез және дәл анықтау әдістері ұсынылды. Сапаны бақылау мен талдау процесін автоматтандыру бойынша шешімдер берілді. Эксперименттік нәтижелер негізінде рефлектометр қолдану бойынша ұсынымдар берілді.

Дипломдық жұмыста қарастырылған мәселелер өте орынды.

Зерттеу барысында ғылыми зерттеулер қарастырылды.

Жалпы, дипломдық жұмыс «жақсы» (85%) деп бағаланды, ал студент Калиев Самат Нұрланұлы 6B06201 «Телекоммуникация» білім беру бағдарламасы бойынша «Ақпараттық және коммуникациялық технологиялар» бакалавры академиялық дәрежесіне ұсынылады.

Ғылыми жетекші

ЭТ және ГТ каф.

қауымдастырылған профессоры,

техника ғылымдарының кандидаты

 Абдуллаев М.А.

(қолы)

«20» мамыр 2025 ж.

**Университеттің жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаменті
директорының ұқсастық есебіне талдау хаттамасы**

Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры көрсетілген еңбекке қатысты дайындалған Плагиаттың алдын алу және анықтау жүйесінің толық ұқсастық есебімен танысқанын мәлімдейді:

Автор: Калиев Самат Нұрланұлы

Тақырыбы: Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу

Жетекшісі: Сұңғат Марксұлы

1-ұқсастық коэффициенті (30): 7.6

2-ұқсастық коэффициенті (5): 3.1

Дәйексөз (35): 1.2

Әріптерді ауыстыру: 0

Аралықтар: 0

Шағын кеңістіктер: 0

Ақ белгілер: 0

Ұқсастық есебін талдай отырып, Жүйе администраторы мен Академиялық мәселелер департаментінің директоры келесі шешімдерді мәлімдейді :

☒ Ғылыми еңбекте табылған ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді. Осыған байланысты жұмыс өз бетінше жазылған болып санала отырып, қорғауға жіберіледі.

☐ Осы жұмыстағы ұқсастықтар плагиат болып есептелмейді, бірақ олардың шамадан тыс көптігі еңбектің құндылығына және автордың ғылыми жұмысты өзі жазғанына қатысты күмән тудырады. Осыған байланысты ұқсастықтарды шектеу мақсатында жұмыс қайта өңдеуге жіберілсін.

☐ Еңбекте анықталған ұқсастықтар жосықсыз және плагиаттың белгілері болып саналады немесе мәтіндері қасақана бұрмаланып плагиат белгілері жасырылған. Осыған байланысты жұмыс қорғауға жіберілмейді.

Негіздеме:

2025-04-28

Күні



Кафедра меңгерушісі



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Калиев Самат Нұрланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 7.6

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-04-28

Дата



Заведующий кафедрой



Протокол

о проверке на наличие неавторизованных заимствований (плагиата)

Автор: Калиев Самат Нұрланұлы

Соавтор (если имеется):

Тип работы: Дипломная работа

Название работы: Рефлектометр көмегімен оптикалық талшықтық жүйелердің сапасын бақылау және тестілеу

Научный руководитель: Сұңғат Марксұлы

Коэффициент Подобия 1: 7.6

Коэффициент Подобия 2: 3.1

Микропробелы: 0

Знаки из здругих алфавитов: 0

Интервалы: 0

Белые Знаки: 0

После проверки Отчета Подобия было сделано следующее заключение:

☒ Заимствования, выявленные в работе, является законным и не является плагиатом. Уровень подобия не превышает допустимого предела. Таким образом работа независима и принимается.

☐ Заимствование не является плагиатом, но превышено пороговое значение уровня подобия. Таким образом работа возвращается на доработку.

☐ Выявлены заимствования и плагиат или преднамеренные текстовые искажения (манипуляции), как предполагаемые попытки укрытия плагиата, которые делают работу противоречащей требованиям приложения 5 приказа 595 МОН РК, закону об авторских и смежных правах РК, а также кодексу этики и процедурам. Таким образом работа не принимается.

☐ Обоснование:

2025-04-28

Дата



Сұңғат Марксұлы

проверяющий эксперт